

Diese Dissertation wird jeden Monat über 100 mal heruntergeladen, seit der Aufschaltung über 4000 mal.
Der [Autor](#) freut sich über jede Mitteilung betreffend den Grund des Interesses und jede Rückmeldung.

PLASTIZITÄT ALS FAKTOR DER SPANNUNGSÜBERWINDUNG IN DENKAUFGABEN

Eine feldtheoretisch-faktorenanalytische Untersuchung
der Umstrukturierung von Problemsituationen

[Hans W. Hunziker HUNZIKER MULTIMEDIA](#)

I. Starrheit - Flexibilität - Plastizität:

Eine Einleitung

Im menschlichen wie im tierischen Verhalten sind besonders jene Fälle von Interesse, in welchen sich die äußeren Umstände nicht als bloß auslösende Mechanismen auswirken, sondern vom Individuum eine Anpassung des Verhaltens fordern.

Diese Arbeit stellt einen Versuch dar, die Bedingungen zu untersuchen, welche eine solche Anpassung erschweren oder erleichtern.

Grob gesagt geht es also darum, herauszufinden, worin eigentlich die Schwierigkeit der Anpassung an neue Situationen besteht.

Das Verhalten kann sich den Umständen anpassen, oder auch nicht. Je nachdem wird es also als beweglich oder als starr

bezeichnet. Ein Beispiel für starres Verhalten: Eine Wespe hat sich in ein Zimmer verirrt und sucht nach einem Ausweg. Auch wenn ein Fensterflügel offen steht, gerät sie häufig an den geschlossenen Teil. Statt nun das Verhalten anzupassen und einen seitlichen Ausweg zu suchen, fliegt das Insekt immer und immer wieder gegen die gleiche Stelle an, krabbelt vielleicht hoch und rutscht wieder ab, aber lässt sich nicht von seinem Fensterflügel abbringen. Solches Verhalten bezeichnen wir als starr, obschon dies natürlich eine graduierbare Eigenschaft ist: Der Extremfall der Starrheit liegt einerseits dort, wo das Individuum sein Verhalten überhaupt nie verändert, solange sich die Situation gleich bleibt, andererseits dort, wo es sich unverzüglich anpasst.

Es wäre nun sehr schön, wenn man den Begriff der Starrheit - definiert als Festhalten an etwas Gegebenem - als einen allgemeinen, festumrissenen Begriff - in der experimentellen Psychologie einfach übernehmen könnte, denn es bestehen schon eine große Anzahl von Arbeiten über „Starrheit“.

Leider ist es aber so, dass mit dem Begriff Starrheit nicht immer dasselbe gemeint ist und es auch noch einige verwandte Begriffe gibt. Zudem ist es eine Tatsache, dass verschiedene Starrheitstests - auch innerhalb derselben Definition - keine oder nur sehr geringe Korrelationen aufweisen (Hörmann 1955, Wand 1958) und dass verschiedene Faktorenanalysen mehr als einen Starrheitsfaktor identifiziert haben. Es ist also zumindest sehr unwahrscheinlich, dass allem sogenannten starren Verhalten nur ein Faktor zugrunde liegt.

Durch diese Einsicht wird die Suche nach einer Definition eines all-gemeinen Starrheitsfaktors sinnlos. Starrheit als Festhalten an einer Gegebenheit kann uns jedoch dazu dienen, die verschiedenen in der Literatur verwendeten verwandten und gegensätzlichen Begriffe untereinander in Beziehung zu setzen und abzugrenzen. So können wir 4 Kategorien bilden, indem wir Starrheit als ein Festhalten an einer Gewohnheit, einer Einstellung, einer Situation (Struktur) oder einer gefundenen Lösung auffassen.

Einteilung der bestehenden Starrheitsbegriffe

Starrheit als Festhalten an:	Haupt- und Nebengriffe in der Literatur	Weiß die Versuchsperson, dass sie sich lösen sollte?
Gewohnheit	Perseveration (Spearman) Disposition Rigidity (Cattell) Geistige Trägheit (Spearman) (mental inertia)	Ja, sie erhält einen neuen Auftrag, der ihrer Gewohnheit widerspricht.
Einstellung	Einstellung Rigidity (Luchins) Adaptive Flexibility (Guilford)	Nein, sie muss selbst merken, wann die geübte Lösungsmethode versagt.
Situation (Struktur)	Plastizität (Meili) Flexibility of Closure (Thurstone)Flexibility of Perceptive Closure (Adkins and Lyerly)	Nein, sie muss sich umstellen, d.h. das Feld umstrukturieren, wenn sie der Lösung nicht näher kommt.
gefundene Lösung	Flüssigkeit (Meili), Fluency (Cattell,Guilford), Spontaneons Flexibility (Guilford) Rorschach Rigidity(Fisher)	Ja, sie hat den Auftrag, möglichst viele Lösungen zu finden.

Um die einzelnen Kategorien der Starrheitsbegriffe etwas näher zu erläutern, sei je ein typischer Test dazu beschrieben.

1. Perseveration

Ein typischer Perseverationstest ist folgender: Die Versuchsperson muss zuerst einige Zeilen mit dem Buchstaben S füllen. Wenn sie sich an diese Tätigkeit gewöhnt hat, wird von ihr genau das gegenteilige Zeichen, also Z, verlangt. Wie schnell und gut sie sich umstellt, hängt von ihrer Umstellbarkeit, respektive Starrheit ab. Die Versuchsperson muss in diesem Versuch bewusst gegen eine bestimmte Gewohnheit ankämpfen. Spearman nennt die Fortdauer (Perseveration) dieser Gewohnheit „mental inertia“ - geistige Trägheit. Sie zu überwinden ist die Aufgabe in Perseverationstests. Es ist zu betonen, dass dabei die Versuchsperson stets weiß, dass sie sich umzustellen hat, dass aber wegen der Macht der geistigen Trägheit dennoch Fehlleistungen vorkommen. Cattell nannte 1935 die geistige Trägheit „Process Rigidity“ und führte damit den Starrheitsbegriff in die experimentelle Psychologie ein.

Es ist noch beizufügen, dass bei einer Perseverationsaufgabe die Gewohnheit nicht experimentell erzeugt sein muss: Soll man das Alphabet rückwärts aufschreiben, so hat man damit Schwierigkeiten, weil man diese Aufgabe auf die entgegengesetzte Weise zu lösen gewohnt ist.

2. Einstellungs-Starrheit.

Die typische Aufgabe ist hier der Wasserkrugtest nach Luchins: Eine bestimmte Menge Wasser soll durch Umschütten mit drei Messgefäßen bekannter Größe abgemessen werden. Die erste Aufgabe wird vom Versuchsleiter in ihrem Lösungsvorgang erklärt. Nun folgen mehrere sogenannte Einstellungsaufgaben, welche alle nach demselben Schema gelöst werden können. Dann folgt eine sogenannte Auslöschaufgabe, welche nicht mehr nach dem gelernten Schema, sondern auf einem einfacheren Weg zu lösen ist. Obschon die Lösung dieser Aufgabe objektiv gesehen einfacher ist, sind viele Versuchspersonen nicht imstande, sie zu finden. Luchins nannte diese Erscheinung den „blinding effect of a too persistent set“. Alle sogenannten

Einstellungsaufgaben sind nach diesem Schema aufgebaut, wobei der Aufgabentyp ganz verschieden sein kann. Rees und Israel (1935) verwendeten z.B. Anagramme; Cowen, Wiener und Hess (1953) Buchstabenlabyrinth. Die Fähigkeit, eine Einstellung zu überwinden, ist nach Guilford (1951, 1952) die Adaptive Flexibility. Dabei ist interessanterweise nicht gesagt, dass dieser Faktor im Wasserkrugtest eine Rolle spielt; jedenfalls zeigte der Wasserkrugtest bei den Arbeiten von Guilford keine bedeutende Sättigung in diesem Faktor. Auch in anderen Arbeiten hat der Wasserkrugtest als Starrheitsmaß nicht die erwarteten Korrelationen geliefert. Das mag vielleicht darin liegen, dass - wie Cattell und Tiner (1949) und Guetzkow (1951) gefunden haben - das Lösen der Auslösaufgabe durch zwei Faktoren bedingt ist: Durch die Stärke der Einstellung (Die eine Versuchsperson lässt sich durch die gleichen Einstellungsprobleme mehr beeinflussen als die andere) und durch die Fähigkeit, eine Einstellung zu überwinden.

3. Plastizität

Typische Plastizitätsaufgaben gibt es in der Literatur eigentlich nicht. Einerseits gehören zur Plastizität die Aufgaben von der Art der Dunkerschen Denkprobleme, in welchen eine in der Aufgabensituation bestehende „selbstverständliche“ Annahme fallen gelassen werden muss, um zur Lösung zu gelangen, andererseits sind nach Meili auch Mosaikaufgaben dazuzurechnen, bei welchen es darum geht, mit farbigen Würfeln Modelle nachzubilden und zwar so, dass die Grenzen dieser Würfel (Sie sind diagonal in zwei verschiedenfarbige Dreiecke geteilt) nicht mit den Grenzen der Vorlage übereinstimmen. Es handelt sich also hier um das „Sehen einer Figur in einer andern“, genau wie beim weiter hinten beschriebenen Gottschaldtttest, welcher nach Thurstone (1944) für den Faktor der „Flexibility of Closure“ repräsentativ ist. Dieser wiederum korreliert mit dem Faktor „Flexibility of Perceptive Closure“ (Botzum 1951, Adkins and Lysterly 1951). Im Gegensatz zu den Einstellungsaufgaben liegt hier die Schwierigkeit des Umstellens in der Struktur der Situation selber, und nicht in einem Vorurteil bezüglich des Lösungsweges.

4. Flüssigkeit

Schädli(1961) kommt zum Schluss, dass „der Faktor der Flüssigkeit durch Aufgaben bestimmt ist, in welchen isolierte Wörter oder Ideen produziert werden müssen“. Es handelt sich dabei um Aufgaben, in welchen möglichst viele Lösungen verlangt werden. Eine solche (Cattell Wörter) verlangt z.B., möglichst viele blaue Gegenstände zu nennen. Eine andere (nach Guilford) fordert möglichst viele verschiedene Verwendungsarten eines Ziegelsteins (brick uses). Guilford hat die Aufgaben, in denen mehrere Lösungen angegeben werden müssen, weiter analysiert und nicht nur zwischen „Fluency“ und „Spontaneous Flexibility“ unterschieden, sondern innerhalb des Faktors der Flüssigkeit 4 verschiedene Faktoren bestimmt (Wortflüssigkeit, Assoziationsflüssigkeit, Ideenflüssigkeit und Ausdrucksflüssigkeit).

Fisher (1950) verwendet eine ganze Batterie von Starrheitstests, welche nach ihrer Definition aber unter die Kategorie Flüssigkeit gehören: Alle seine Tests sind durch das Kriterium der Anzahl der gegebenen Antworten gekennzeichnet. So gilt es z.B. bei einer TAT-Tafel möglichst viele verschiedene Interpretationen zu geben. Fishers Testbatterie zeigt eine bedeutsame Korrelation mit seinem Rorschach Starrheitsmaß. Dieses ist aber ebenfalls durch die Anzahl Interpretationen der Rorschachtafeln bestimmt. Es scheint, dass die Arbeit von Fisher - obschon sie sich mit Starrheit befasst - im Grunde die Flüssigkeit als Thema hat.

Es muss noch beigefügt werden, dass für den Faktor der Flüssigkeit eine qualitative Bewertung der gefundenen Lösungen nicht zulässig ist. Nach Meili nimmt die Sättigung gewisser Tests (z. B. Sätze ALT) im Faktor der Flüssigkeit ab, wenn die gegebenen Lösungen nach ihrer Qualität bewertet werden. Bei Flüssigkeitstests müssen also auch mehr oder weniger schlechte Lösungen zum Resultat gezählt werden, während ausgesprochen originelle Einfälle keine besondere Honorierung erhalten.

Wir haben nun versucht, die wichtigsten Starrheitsbegriffe unter einem Gesichtspunkt zu vereinen und zu differenzieren. Als Resultat können wir nun einiges über den uns interessierenden Faktor der Plastizität aussagen. Aus der Übersichtstabelle sehen wir, welchen Platz die Plastizität als Gegenbegriff der Starrheit einnimmt: Sie bezieht sich auf das Festhalten einer Struktur. Plastizität nimmt also in erster Linie bezug auf das Zueinander der Gegebenheiten einer Problemsituation. Dieses

Zueinander muss umgeformt werden: Plastizität ist ein Faktor, der diese Umformung, d.h. Umstrukturierung bedingt. Dies stimmt genau mit der Definition von Meili überein. Die Übersichtstabelle zeigt weiter, dass der Begriff der Plastizität nur in einer Kategorie vertreten ist, während Rigidity in drei und Flexibility ebenfalls in drei Kategorien vorkommen. Das bedeutet, dass die Verwendung des Begriffs Plastizität zum vorneherein eindeutig festgelegt ist und keine Verwirrung stiften kann. Dass Plastizitätsaufgaben selten als Starrheitstests verwendet werden, mag seltsam erscheinen. Es hängt aber damit zusammen, dass es wenige verwendbare typische Tests der Plastizität gibt.

Die weitere Analyse des Faktors der Plastizität erfordert zunächst eine Begriffsbestimmung im bezug auf Denkaufgaben und dann eine Untersuchung des Begriffs der Umstrukturierung.

Das grundsätzliche Vorgehen in dieser Arbeit ist also dem üblichen gerade entgegengesetzt: Es wird nicht eine Faktorenanalyse verschiedener Tests durchgeführt und anschließend nach einer Interpretation der gefundenen Faktoren gesucht, sondern es soll zuerst der Begriff der Plastizität soweit theoretisch und experimentell geklärt werden, dass es möglich ist, eine Serie von Tests zu konstruieren, welche in einer Faktorenanalyse im gleichen Faktor hohe Sättigung aufweisen. Um zu beweisen, dass dieser Faktor der Meilischen Plastizität entspricht, müssen dann Tests mit bekannter Faktorenstruktur in die Analyse einbezogen werden.

II. Plastizität in Denkaufgaben

1. Denkaufgaben

Woodworth (1956) definiert den im Englischen gebräuchlichen Begriff „problem“ wie folgt: „Ein Problem existiert, wenn die Aktivität der Versuchsperson ein Ziel hat, aber keinen offensichtlichen oder gelernten Weg dazu.“

Diese Definition umfasst auch Situationen, welche man nicht mehr als Denkaufgaben bezeichnen könnte, weil sie - wie z.B. ein Irrgarten - die Möglichkeit ausschließen, die Struktur der Aufgabe zu erfassen. Für den Faktor der Plastizität müssen

solche Fälle ausgeschlossen werden, weil eine Umstrukturierung ja nur möglich ist, wenn zuvor eine Aufgabenstruktur erfasst wurde. Die Definition einer Denkaufgabe im Sinne einer Plastizitätsaufgabe muss also eingengt werden, weil der Plastizitätsbegriff - wie Wertheimer sagen würde - „strukturblinde“ Lösungen ausschließt. Solche „strukturblinde“, oder im bezug auf die Aufgabe uneinsichtige Lösungsprozesse unterscheiden sich nach Koffka (1928) dann, „wie von der Ausgangssituation die Endsituation erreicht wird.“

Wertheimer (1957) präzisiert diese Auffassung. Die uneinsichtige Lösung nimmt nicht oder zu wenig bezug auf die Struktur der Aufgabe, d.h. auf das innere Zusammengehören ihrer Teile. Sie ist nicht auf das Verstehen der Zusammenhänge gerichtet. Die einsichtige, echte Lösung dagegen ergibt sich nur aus einem Eindringen in die Aufgabenstruktur. Wird diese richtig erfasst, so sind die Schritte, welche zur Lösung führen nicht mehr zufällig - man kann nicht mehr von Versuch und Irrtum sprechen -, sondern sie werden durch die „Tendenz zur guten Gestalt“ in Richtung Lösung geführt. Die Lösungsstruktur besteht im Prinzip aus einem neuen Zueinander der alten Elemente; sie ist „besser“, d.h. spannungsfreier als die Aufgabenstruktur.

Der Lösungsvorgang besteht also darin, dass die Aufgabenstruktur in die Lösungsstruktur umgewandelt, d.h. umstrukturiert, wird. Nach Meili (1955) ist diese Umformung für intellektuelle Vorgänge charakteristisch. Plastizität als Faktor der Umstrukturierung ist demnach ein wesentlicher Faktor intellektueller Vorgänge. So definieren wir eine Denkaufgabe im Sinne der Plastizität:

Eine Denkaufgabe ist eine Problemsituation, deren Struktur erfasst und zur Lösungsstruktur umgeformt werden muss.

2. Umstrukturierung und Plastizität

Wenn zwei Personen eine Aufgabe maximal gleich erfassen, so besteht dennoch die Möglichkeit, dass die eine die Lösung rascher findet als die andere. Diese Person muss eine Eigenschaft besitzen, welche die Struktur umformbarer, d.h. plastischer macht. Plastizität kann man demnach als einen Faktor auffassen, welcher - bei gleichbleibenden Bedingungen der Strukturerefassung - die Leichtigkeit der Umstrukturierung bedingt. Diese Definition präzisiert diejenige von Koffka der

Plastizität als die Eigenschaft bezeichnet, die im Verhalten des Individuums etwas Neues entstehen lässt. Das Neue, das entsteht, ist die Lösungsstruktur, die Entstehung des Neuen die Umstrukturierung.

Wie der Begriff der Umstrukturierung konkret zu verstehen ist, sei an folgendem Beispiel einer Denkaufgabe (Wertheimer 1957) gezeigt: Die Zahlenreihe 1 bis 10 soll auf eine einfache Art addiert werden. Die Aufgabenstruktur besteht in einem bestimmten Zahlengefüge, welches die fortlaufende Addition der Zahlen vorschreibt. Um eine andere Lösung zu finden, muss diese Struktur gebrochen und umgeformt werden, d.h. die Zahlen müssen anders gruppiert werden. Ist einmal die richtige Gruppierung, $1+10 (=11)$ $2+9 (=11)$ $3+8 (=11)$ $4+7 (=11)$ $5+6 (=11)$ gefunden, so ist der Schritt zur endgültigen, vereinfachten Lösung $5 \text{ mal } 11 = 55$, nicht mehr groß. In dieser Lösung sind die Elemente der Aufgabenstruktur indirekt noch enthalten. Durch ihre Umgruppierung ist aber etwas Neues entstanden, nämlich ein Verfahren, mit dem man fortlaufende Zahlenreihen auf einfache Weise summieren kann. Es ließe sich ohne weiteres eine Formel erstellen, nach der beliebig lange fortlaufende Zahlenreihen summiert werden können.

Aufgaben mit hoher Sättigung im Faktor Plastizität müssten uns auch über die Natur der Umstrukturierung Aufschluss geben. Eine solche ist z.B. das Mosaikspiel. Bei diesem müssen mit farbigen Würfeln, deren eine Seite diagonal in zwei verschiedenfarbige Dreiecke geteilt ist, nach Vorlagen Modelle nachgebildet werden. Da in den Vorlagen die Grenzen der Würfel nicht angegeben sind, muss die Versuchsperson die Figuren den Würfeln entsprechend auflösen, was dort Schwierigkeiten bereitet, wo die Figur sehr einheitlich ist und ihre Grenzen nicht mit denen der Würfel übereinstimmen, d.h. die Struktur der Vorlage muss dort gebrochen werden, wo sie nicht mit der Würfelstruktur übereinstimmt. Nun sind aber solche, (und auch andere) mit dem Faktor Plastizität gesättigte Aufgaben, wie Vexierbilder oder Verständnis von Texten, ziemlich komplexer Natur und daher weniger geeignet, um über den Prozess der Umstrukturierung näheren Aufschluss zu geben. Deshalb befassen wir uns zunächst mit vereinfachten Spezialfällen, wie der folgende Abschnitt zeigt.

3. Zwei Spezialfälle der Umstrukturierung: Umweg und Überwinden der funktionalen Gebundenheit

Dass eine Umstrukturierungsaufgabe häufig einen komplexen Lösungsvorgang erfordert, kann daher rühren, dass oft nicht nur eine Umstrukturierung, sondern mehrere Teilumstrukturierungen notwendig sind. Dies ist der Fall, wenn die Zahl der Aufgabenelemente und deren wechselseitige Beziehungen - wie bei der Mosaikaufgabe oder beim Verstehen von Texten - ziemlich groß ist.

Zur Untersuchung der Umstrukturierung ist es natürlich von Vorteil, wenn man es nur mit einer einzigen zu tun hat und wenn zudem die Beziehungen der Elemente klar zutage liegen.

Arbeitet man z.B. mit räumlichen Aufgaben, welche wenig Elemente enthalten und bei welchen meistens nur ein Element seine Beziehung zu den andern verändern muss, damit eine Umstrukturierung stattfindet, so kommt man wie Köhler (1921) dazu, das Prinzip des Umweges als für jede Lösung grundlegend anzunehmen.

Stimmt man dieser Auffassung zu, so nimmt man an, dass jede Umstrukturierung letztlich auf dem Umwegprinzip basiert. Diese Auffassung ist durchaus vertretbar, aber es ist vielleicht vorsichtiger, das Umwegprinzip vorläufig als einen Spezialfall der Umstrukturierung zu bezeichnen.

Zur Erläuterung des Umwegprinzips sei folgendes bekannte Beispiel aus den Köhlerschen Versuchen mit Menschenaffen kurz dargestellt:

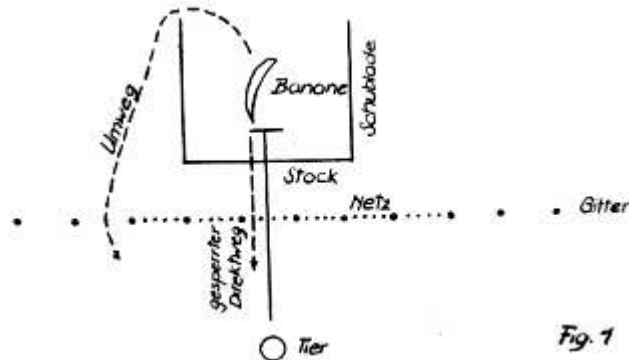


Fig. 1

Einem hungrigen Menschenaffen wird unter der gezeichneten Situation eine Banane vorgelegt. Ein feinmaschiges Netz verhindert das direkte Erreichen der Banane aus dem Käfig heraus. Ein Stock, mit dem der Affe umzugehen versteht, nützt zum Heranziehen der Banane nichts. Diese muss zuerst damit weggestoßen und dann seitlich um den Rand der Schublade geschoben werden, worauf sie neben dem Netz durch das Gitter hereingezogen werden kann.

Für dieses Problem ist die allgemeine Definition von Woodworth (Ein Problem besteht, wenn die Aktivität der Versuchsperson ein Ziel hat, aber keinen offensichtlichen oder gelernten Weg dazu) nicht genügend. Gerade die Tatsache, dass ein offensichtlicher Weg besteht, dieser aber wegen eines Hindernisses nicht gangbar ist, kennzeichnet eine solche Aufgabe. Diese erwies sich für die Versuchstiere als besonders schwierig, weil zu dem offensichtlichen, aber ungangbaren Lösungsweg ein Umweg von 180 Grad gemacht werden musste. Auch Lewin (1935) hat gezeigt, dass eine Aufgabe große Schwierigkeiten bietet, wenn sie beinahe auf sehr einfache Weise gelöst werden kann.

Die Umwegsituation ist also dadurch gekennzeichnet, dass zum Ziel ein offensichtlicher Direktweg besteht, welcher aber durch ein Hindernis gesperrt ist. Umstrukturierung bedeutet in diesem Falle das Loslösen von einer durch die Situation bedingten spontanen Richtung und die Analyse der Gegebenheiten unter Ausschluss des gesperrten Direktweges. Eine Verallgemeinerung des Umwegprinzips verlangt, dass jedes Problem in seiner psychischen Situation räumlich dargestellt werden kann und ungefähr folgendem Schema entspricht:



Fig. 2

Dabei muss ein gesperrter Direktweg - definiert durch eine direkte Verbindung zwischen Ausgangspunkt und Ziel - vorhanden sein, damit der Begriff des Umweges sinnvoll wird.

Die räumliche Darstellung der psychischen Situation ist in einem solchen Falle leicht, wo diese praktisch mit der äußeren, räumlichen übereinstimmt, wie etwa beim beschriebenen Tierversuch. In abstrakten Aufgaben müssen aber zuerst die Elemente und deren Relationen irgendwie getestet werden, damit sich ein räumlich darstellbares Bild der psychischen Situation ergibt. Dies ist der Fall beim zweiten zu besprechenden Spezialfall der Umstrukturierung.

Wir haben vorhin angenommen, dass zur Untersuchung der Umstrukturierung eine Aufgabe möglichst einfach sein soll und

dass möglichst nur ein Element bewegt werden soll. Das traf grob gesehen auf unser Tierbeispiel zu. Dabei haben wir aber die stillschweigende Annahme getroffen, dass die Umstrukturierung eine Änderung der räumlichen Relationen, also die Bewegung eines Elementes bedingt. Verzichtet man in diesem einfachen Fall auf eine räumliche Definition und bezeichnet die Umstrukturierung als eine Veränderung eines Einzelteils in seiner nichträumlichen Beziehung zum Ganzen, so gelangen wir in den Bereich des Duncker'schen Begriffs der funktionalen Gebundenheit.

Funktionale Gebundenheit bedeutet kurz gesagt, dass die Funktion eines Elementes an die Aufgabenstruktur gebunden ist: Sie passt so gut in die Aufgabenstruktur hinein, dass ihre zur Lösung notwendige Veränderung erhebliche Schwierigkeiten bereitet.

In einem bekannten Experiment von Duncker müssen z.B. Kerzen mit Hilfe einer Schachtel an eine Wand montiert werden. Die dazu benötigte Schachtel ist aber in der Aufgabensituation ein Behälter für die Kerzen. Ihre Funktion ist also schon gebunden und gerade diese „funktionale Gebundenheit“ muss überwunden werden, damit der Weg zur Lösung frei wird. Dann kann die neue Funktion der Schachtel (als Kerzensims) erfasst werden und die gesamte Aufgabe wird durch diese Funktionsveränderung umstrukturiert.

Weitere Beispiele für das Überwinden der funktionalen Gebundenheit sind Aufgaben, in denen z.B. ein Elektromagnet als Pendel, ein Ast als Verlängerung eines Armes oder ein Ziegelstein als Briefbeschwerer benutzt werden muss, oder wenn die Doppeldeutigkeit eines Wortes zu suchen ist, welches im Satzgefüge drin nur eine bestimmte Bedeutung haben kann (W a n d 1958).

Im Perzeptiven sind es Vexierbilder oder Aufgaben von der Art des besprochenen Mosaikspiels, auf welche das Prinzip des Überwindens der funktionalen Gebundenheit von Elementen anwendbar ist.

Nach den Resultaten von Meili und Schädeli ist anzunehmen, dass vor allem der Faktor der Plastizität für die Leichtigkeit der Überwindung der funktionalen Gebundenheit verantwortlich ist. Ebenso ist es wahrscheinlich, dass er die Leichtigkeit des Umwegfindens bedingt, denn beides sind Spezialfälle der Umstrukturierung: Das Umwegprinzip gilt für die Veränderung räumlicher, das Prinzip der funktionalen Gebundenheit für die Variation funktionaler Beziehungen.

4. Umstrukturierung und Leistungsaspekt

Wir haben nun - wie gesagt - die Absicht, zu untersuchen, worin eigentlich die Schwierigkeit einer Lösung besteht. Das bedeutet, dass wir den Vorgang der Umstrukturierung vom Leistungsaspekt aus zu betrachten haben, denn eine Leistung ist durch den Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe bestimmt. Als relatives Maß der Schwierigkeit einer Aufgabe gilt üblicherweise die durchschnittliche Zahl der Versuchspersonen, welche die in Frage stehende Aufgabe lösen konnten. Wird z. B. eine Aufgabe von etwa 50% der Versuchspersonen - natürlich innerhalb einer gewissen Zeitgrenze - gelöst, so würde man sie als eine Aufgabe mittlerer Schwierigkeiten bezeichnen. Dabei ist es wichtig, sich immer zu vergegenwärtigen, für was für eine Gruppe von Versuchspersonen die Aufgabe mittelschwer ist, ob z. B. für Kinder von 12 Jahren oder für Erwachsene.

Die theoretische Analyse des Schwierigkeitsgrades einer Aufgabe kann jedoch die experimentellen Resultate nur als Verifikation benutzen, denn ihre Aufgabe besteht darin, die eigentliche Leistung im Denkprozess herauszufinden, so dass sie die relative Schwierigkeit einer bestimmten Denkaufgabe zum vorneherein bestimmen kann. Wenn wir theoretisch abgeleitet haben, welche die Variablen einer Struktur sind, welche auf den Schwierigkeitsgrad ihrer Umformung einen Einfluss haben, so sollte es möglich sein, für eine beliebige Struktur den relativen Schwierigkeitsgrad anzugeben. Einfacher gesagt: Wir versuchen, diejenigen Variablen abzuleiten und auf ihre Wirksamkeit zu testen, die das Ausmaß einer Umstrukturierung ausmachen. Dabei setzen wir voraus, dass die Schwierigkeit einer Denkaufgabe von diesem „Ausmaß der Umstrukturierung“ abhängt und dass also eine Umstrukturierung quantitativ erfasst werden kann.

Der Begriff „Struktur“ impliziert ein komplexes Gebilde, das nicht nur aus einer Summation seiner Elemente, sondern auch aus ihren gegenseitigen Beziehungen besteht. Die quantitative Auflösung einer Struktur zur Bestimmung der Größe einer Umformung muss deshalb ziemlich kompliziert sein. Für die Anfänge einer theoretischen Entwicklung ist es aber oft von Vorteil, einen möglichst einfachen Fall zu betrachten und ihn erst später zu erweitern. Wir möchten uns aus diesem Grunde auf den Spezialfall der Umwegsituation konzentrieren. Dieser bietet nämlich den großen Vorteil, dass seine Elemente in

klaren räumlichen Beziehungen stehen, was eine quantitative Erfassung natürlich sehr erleichtert. Erinnern wir noch einmal an unser Schema der Umwegsituation:



Fig. 2

Da der Lösungsweg mit dem Umweg identisch ist, könnte man vielleicht annehmen, dass die Länge des Umweges das geeignete Maß für die Größe der Umstrukturierung darstelle. Die Länge des Umweges ist sicher auch ein Maß für seine leistungsmäßige Größe. Wir wissen aber, dass nach Lewin solche Aufgaben besonders schwierig sind, in denen die Lösung beinahe auf einem sehr einfachen Weg gefunden werden kann. Dieser „sehr einfache Weg“ entspricht in unserem Schema der gesperrten Direktstanz. Die leistungsmäßige Größe des Umweges hängt also offenbar nicht nur von seiner objektiven Länge, sondern auch von der Länge des gesperrten Direktweges ab. Dies entspricht der physikalischen Situation eines elektromagnetischen Feldes: Die Arbeit kann dort nicht einfach auf die Länge des Weges bezogen werden, sondern hängt vom Kraftfeld ab,

welches durch die beiden Pole gebildet wird. Übertragen wir dieses Modell auf die psychologischen Verhältnisse, so heißt das, dass Ausgangspunkt und Ziel - als die beiden Pole - ein Spannungsfeld erzeugen, durch welches jeder beliebige Umweg energiemäßig - in bezug auf die Leistung also -definiert werden kann.

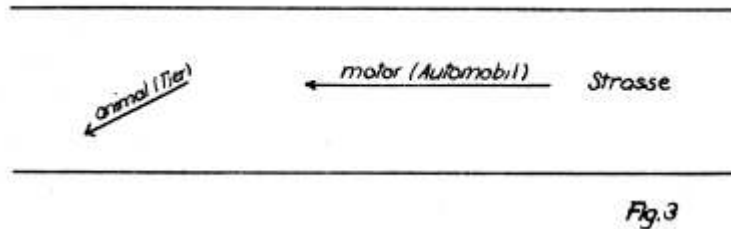
Bevor wir mit unserer Entwicklung weiterfahren, ist es nun notwendig, die Begriffe Spannung und Spannungsfeld genauer zu besprechen. Wir möchten aber schon jetzt festhalten, wie wir die Größe der Umstrukturierung bestimmen wollen, nämlich durch die Größe der Spannung, welche auf dem eingeschlagenen Umweg überwunden werden muss. Der Faktor der Plastizität kann so neu definiert werden als ein Faktor, der die Leichtigkeit der Spannungsüberwindung bedingt.

III. Plastizität als Faktor der Spannungsüberwindung

1. Der Spannungsbegriff

Nach Wertheimer bestehen in einer Aufgabenstruktur gewisse Spannungen, welche den Ablauf des Denkprozesses bestimmen. So sagt er (1957, Seite 226): „Wenn man eine Problemlage erfasst, erzeugen ihre strukturellen Züge und Forderungen im Denker gewisse Spannungen.“ Diese durch die Aufgabenstruktur bestimmten Spannungen - man könnte sie strukturelle Spannungen nennen sind nach ihm der eigentliche Motor des Denkablaufes. Koffka meint dasselbe, wenn er den Umstrukturierungsprozess wie folgt charakterisiert (1935, Seite 628): „The situation forces the animal to act in a certain way, although the animal possesses no preestablished special devices for the act.“ Die Situation ist es also, welche das Tier zu einer gewissen Handlungsweise zwingt: Die Spannungen einer Struktur bestimmen den Lösungsweg. Nimmt man diese Hypothese an, so muss eine Leistung im Falle einer Denkaufgabe vom einwirken lassen der strukturellen Spannungen abhängen, weil wir ja von einer Testaufgabe verlangen, dass sie von jeder Versuchsperson möglichst gleich aufgefasst werden soll, also grundsätzlich dieselben strukturellen Spannungen erzeugen soll. Was bestimmt nun aber, ob sich diese Spannungen auswirken können oder nicht? Es müssen da irgendwelche Kräfte vorhanden sein, die nicht aus der Struktur allein

erklärbar sind, sondern erst durch eine Interaktion zwischen Person und Aufgabe entstehen. Man könnte im Gegensatz zu den strukturellen Spannungen von inneren Spannungen sprechen, obschon natürlich die strukturellen Spannungen auch im Denkenden drin und nicht außerhalb liegen. Koffka sagt, dass eine Lösung durch die Spannung (stress) zwischen der Person (ego) und der Aufgabenstruktur (surrounding field) zustande kommen kann. Er zeigt an einem Beispiel, wie er sich das Zusammenwirken struktureller und innerer Spannungen vorstellt (1935, Seite 645):



„If, for instance, the animal was walking across the road in the direction indicated in this sketch, then we can consider the direction of the animal's body as a constraining condition which allows only that component of the force of the approaching car to become effective which coincides with it. This case is of special interest because it shows that a reorganization of the field can change the direction of the operative forces, a conclusion very important for our understanding of the detour when the initial path lies geometrically in the direction directly opposite to the "attracting goal.“

Hier haben wir einen Hinweis auf die Möglichkeit der Anwendung der Vektorrechnung auf die Umwegsituation. Koffkas

Beispiel ist zwar keine Problemsituation, aber es zeigt das Zusammenwirken innerer und äußerer Kräfte im einfachsten Fall: Das Tier bringt schon gewisse Komponenten in die Situation mit, indem es „im Sinne hat“, sich in der angegebenen Richtung zu bewegen. Das Erscheinen des Fahrzeuges hat nun nicht die völlige Neutralisierung der vom Tier eingeschlagenen Richtung (nach Koffka „initial path“) zur Folge, sondern die resultierende Bewegung ist das Ergebnis äußerer und innerer Spannungen.

Zur Voraussage einer Lösung ist die vielleicht etwas fragwürdige Unterscheidung zwischen Außen und Innen gar nicht notwendig. Wichtig ist nur, dass im Augenblick, in dem die Person an ein Problem herantritt, in ihr schon gewisse Spannungen bestehen, welche zu denjenigen der Aufgabenstruktur dazukommen. In einem Spannungs-Begriff, der sich auf die Voraussage einer Handlung oder eines Denkprozesses beziehen soll müssen natürlich beide Komponenten enthalten sein. Dies ist der Fall im Spannungsbegriff von Lewin (1952), den wir im weiteren adoptieren wollen.

2. Das Spannungsfeld

Nach Lewin kann man eine Aufgabe als ein Spannungsfeld (tension system) betrachten, das durch den Lösungsvorgang abgebaut wird. Der Feldbegriff ist umfassender als der Strukturbegriff, weil er die Person, d.h. ihren augenblicklichen Zustand bezüglich Bedürfnisse, Erfahrungen usw., ebenso umfasst wie die Aufgabe. Da der dynamische Zustand einer Person nicht konstant bleibt, muss man ein Feld - wie Lewin es tut - in bezug auf einen bestimmten Zeitpunkt definieren. Ein Spannungsfeld ist bestimmt durch die Struktur der Spannungsverteilung einer psychischen Gesamtsituation in einem bestimmten Zeitpunkt.

Die Spannungsstruktur wird einerseits durch die Anordnung, andererseits durch die Valenz der Elemente (positiv, neutral, negativ) bestimmt. Aus ihr resultiert nach Lewin in der Person der Vektor des Feldes. Dieser ist nichts anderes als die kraftmäßige Einwirkung der Spannungsstruktur auf den Punkt des Feldes, wo sich die Person befindet. Kennt man die Spannungsstruktur einer Problemsituation, ist es möglich, daraus den Feldvektor abzuleiten und damit den ersten

Denkschritt oder die erste Denktendenz vorauszusagen.

Der Begriff des Vektors stammt aus dem mathematischen System der Kräfteanalyse in der Mechanik. Lewin hat es aber vorgezogen, trotz der Verwendung dieses Begriffs auf die Möglichkeiten der mathematischen Vektorenanalyse zu verzichten, weil er glaubte, dass die

Topologie psychische Situationen besser darstellen könne als die analytische Geometrie. Die Topologie ist eine nichtmetrische räumliche Geometrie, welche mit den Begriffen „außen“, „Region“, „Grenze“ etc. arbeitet. Lewins graphische Felddarstellungen verbieten wegen ihrer topologischen Eigenart die Verwendung des Distanz-Begriffs. Dafür schuf Lewin - um den Vektorbegriff nicht aufgeben zu müssen, eine neue „hodologische“ Geometrie, d.h. eine Geometrie der Wege. Weg ist nicht im Sinne der metrischen Distanz aufzufassen, sondern bedeutet die Reihenfolge des Berührens verschiedener Feld-Regionen. In einem solchen Feld ist dann auch die Spannung nicht kontinuierlich verteilt, sondern von Region zu Region verschieden, und sie verändert sich sprunghaft, wenn die Person auf ihrem Weg eine Grenze überschreitet und eine neue Region betritt.

Ist die Spannungsverteilung einer psychischen Gesamtsituation in Wirklichkeit nicht kontinuierlich, so ist die topologische Felddarstellung am Platz. Spricht jedoch nichts gegen die Annahme ihrer Kontinuität, so sollte eine metrische Felddarstellung gewählt werden, weil diese die Berechnung der Größe und Richtung des Vektors in jedem beliebigen Punkt des Feldes zulässt, während in einem topologisch dargestellten Feld eine vektorielle Analyse nur sehr grob - nämlich schätzungsweise - möglich ist. Die metrische Darstellungsweise gestattet, soweit sie anwendbar ist - genauere Aussagen über den Vorgang der Umstrukturierung zu machen, was ja gerade in unserer Absicht liegt. Jede Bewegung ist von der Spannungsverteilung des Feldes abhängig. Lässt sich der Vektor für den Standort der Person im Feld (zunächst für den Ausgangspunkt) berechnen, so lassen sich Voraussagen über die Bewegung der Person im Feld und somit über den Umstrukturierungsvorgang machen; denn bei metrischer Felddarstellung werden die Beziehungen der Elemente durch Distanz ausgedrückt. Jede Bewegung bedeutet eine Veränderung in diesem Beziehungsgefüge und damit eine Umstrukturierung im

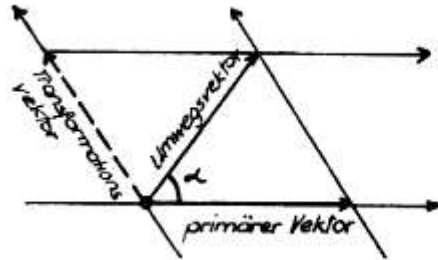
weitesten Sinn. Die gesamte Umstrukturierung einer Problemsituation kann bei der metrischen Darstellung als eine Bewegung, d.h. als ein Weg dargestellt werden.

Die metrische Felddarstellung steht aber nicht in einem Gegensatz zur Topologie von Lewin, sondern ist als ein Spezialfall zu betrachten. Sie kann nur auf Situationen angewendet werden, in welchen die Spannungsverteilung als kontinuierlich angenommen werden darf. Dafür erlaubt sie die Berechnung des „Feldvektors“, d.h. der in der Person wirksamen Kraft, welche uns gestattet, den genauen Verlauf und die Intensität der Bewegung, d. h. der Denkrichtung, vorauszusagen.

3. Spannungsüberwindung als quantitativer Aspekt der Umstrukturierung

Wir haben bisher gesehen, dass jede Bewegung durch die Spannung des Feldes, d.h. durch den Feldvektor in der Person, verursacht wird. Wir kommen nun wieder auf die Frage der Schwierigkeit zurück: Weshalb braucht es überhaupt noch eine Anstrengung zum Lösen einer Denkaufgabe, wenn doch die Denkrichtung schon bestimmt ist? Die Antwort kann nur die sein: Die vom Feld determinierte Denkrichtung führt eben nicht zur Lösung. Das ist z.B. der Fall in der Umweg-Situation: Die „primäre Tendenz- der „initial path“ - führt auf den Direktweg, der aber gesperrt ist. Da der Umweg aber gegenüber dem Direktweg eine momentane Entfernung vom Ziel bedeutet, kann man die Umstrukturierung quantitativ so erfassen, dass man die Abweichung vom Direktweg vektoriell berechnet.

Das geschieht grundsätzlich so:



$\alpha =$ Umwegwinkel

Fig. 4

Wir haben zwei Vektoren: Der erste, die primäre Tendenz darstellend, der zweite den Umweg repräsentierend. Der Unterschied zwischen beiden wird durch den Umwegwinkel ausgedrückt. Um die Kraft zu berechnen, welche notwendig ist, um den ersten Vektor in den zweiten zu verwandeln, brauchen wir diesen Winkel und die Größe der Vektoren. Die Größe des ersten entspricht der Stärke der primären Tendenz, die des zweiten der Länge des zu machenden Umweges.

Im Spezialfalle der Umwegsituation können wir also die Spannungsüberwindung - und damit die Größe der Umstrukturierung - vektoriell analysieren. Wir gelangen im einfachsten Fall zur Annahme von vorläufig 3 Variablen, welche die Schwierigkeit einer Aufgabe bestimmen:

1. Die Größe des Abweichungs- oder Umwegwinkels.
2. Die Stärke der primären Tendenz, d.h. der Vektor des Direkt-Weges.

3. Der Umwegsvektor, d.h. der Vektor, welcher zum Vollzug des Umwegs benötigt würde, wenn keine primäre Tendenz bestände.

Wir betonen nochmals, dass die Begriffe Vektor und Winkel psychologisch zu verstehen sind. Sie werden erst messbar, wenn sich die psychologische Situation räumlich darstellen lässt. Da wir vorläufig über die Methoden dazu noch nicht verfügen, müssen wir uns mit dem schon erwähnten Sonderfall befassen, in welchem man die äußere räumliche Situation praktisch mit der psychischen gleichsetzen kann.

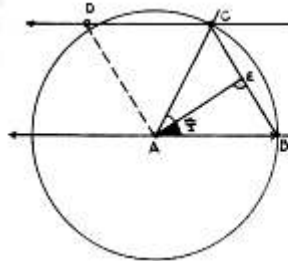
IV. Leistung und Spannungsüberwindung: Voraussage der Schwierigkeit von Denkaufgaben

1. Ableitung der Leistung im Spezialfall der Umwegsituation

Als Maß der Spannungsüberwindung, der Umstrukturierung und zugleich der Leistung haben wir für die Umwegsituation denjenigen Vektor angenommen, welcher den Vektor der primären Tendenz, des „initial path“, in den Umwegsvektor transformiert. Dabei wurden 3 Variable postuliert, welche im einfachsten Fall diese Transformation bestimmen:

Wir versuchen nun, für den Leistungsvektor eine Berechnungsformel zu gewinnen.

Zur Bestimmung der Funktion der ersten Variable, des Abweichungswinkels., nehmen wir die Größe der beiden Vektoren als 1 an. Es lässt sich dann folgende Figur zeichnen:



- AB = Primärvektor
- AC = Umwegsvektor
- BC = AD = Transformationsvektor AB → AC
- = Leistung
- AE = Mittelsenkrechte

Fig.5

Der primäre Vektor sei AB, der Umwegsvektor AC, der Abweichungswinkel Alpha. Nach der Vektorenrechnung ist BC der zur Transformation notwendige Vektor, also der Leistungsvektor. Wir übertragen ihn auf den Punkt A, so dass BC = AD. Die Frage ist nun: Welche Funktion des Winkels Alpha bestimmt die Länge von AD, wenn AB und AC = 1? Als Hilfslinie fällen wir die Mittelsenkrechte, von A auf BC. Diese halbiert den Winkel Alpha, da das Dreieck BAG gleichschenkelig ist. (AB = AC = 1). Im Dreieck ABE ist die Strecke BE die Hälfte des gesuchten Vektors BC = AD, zugleich aber der Sinus des Winkels $\text{Alpha}/2$, die ja die Hypotenuse AB = 1 ist. Somit $AD = BC = 2 \cdot \sin \text{Alpha}/2$, d.h.

$$(1) \text{ Leistungsvektor} = f(\sin \text{Alpha}/2)$$

Der Leistungsvektor ist - wenn man die zu transformierenden Vektoren als 1 annimmt - eine Funktion des Sinus des halben Abweichungswinkels.

Betrachten wir nun die zweite Variable, den Vektor der primären Tendenz. Dieser ist bestimmt durch das zwischen den Punkten A und Z erzeugte Spannungsfeld.

Ist die Spannung zwischen A und Z groß, so ist dieser Vektor auch groß. Man kann sich diese Spannung als zusammengesetzt aus inneren und äußeren Anteilen vorstellen. Der innere Anteil kann dann vernachlässigt werden, wenn durch die Darbietung der Aufgabe bei allen Versuchspersonen ungefähr die gleiche Motivation das Ziel Z zu erreichen erzeugt wird. Der äußere Anteil hängt von der Struktur AZ ab. Diese kann, da sie nur aus zwei Elementen besteht, lediglich noch in der Beziehung zwischen A und Z variiert werden. Das heißt, dass die Distanz AZ diejenige Variable ist, welche wir bei Vernachlässigung der Motivationsstärke zur Bestimmung der Größe des primären Vektors verwenden können. Dieser nimmt - wie man aus der Elektrostatik, aber auch aus dem Gestaltgesetz der Nähe ableiten kann - mit zunehmender Distanz AZ ab, also:

$$(2) \text{ Leistungsvektor} = f(AZ/1)$$

Die Größe des primären Vektors ist umgekehrt proportional zur Distanz des Direktweges AZ. Die Größe des Leistungsvektors ist eine umgekehrte Funktion der Distanz AZ.

Es verbleibt nun noch der Umwegsvektor zur genaueren Untersuchung: Bei gleichbleibender Distanz AZ und gleichem Umwegswinkel bedeutet die Zunahme des Umwegsvektors eine Vergrößerung des Umwegs, etwa so, wie man mehr Kraft anwenden muss, um einen Ball über eine höhere Mauer zu werfen als über eine niedrige. Also:

$$(3) \text{ Leistungsvektor} = f(\text{Umwegvektor}) = f(\text{Umweglänge})$$

Kombinieren wir die Gleichungen 1 bis 3, so erhalten wir die Funktionsgleichung für den Leistungsvektor:

$$(4) \text{ Leistungsvektor} = F(\text{Umweglänge} * \sin \text{Alpha} / 2 / \text{AZ})$$

Diese Gleichung erlaubt für jede Variation des einfachsten Falles der Umwegsituation den Leistungsvektor und damit den Schwierigkeitsgrad vorauszusagen. Wir müssen dabei beachten, dass die 3 Variablen rein mathematisch voneinander abhängig sind: Bei gleichem Umwegwinkel und gleicher Umweglänge gibt es z.B. nur zwei Direktstrecken AZ. Dieser Schönheitsfehler scheint uns aber im psychologischen Bereich nicht sehr schwerwiegend, weil wir ohnehin gezwungen sind, solche Variablen zu verwenden, welche irgendwie psychologisch interpretierbar sind.

2. Anwendung der Feldgleichung auf eine speziell konstruierte Denkaufgabe

Als Feldgleichung bezeichnen wir die Gleichung (4), weil sie die Leistung und damit den Schwierigkeitsgrad in jedem Feld voraussagen kann, welches dem einfachen Umwegschemata entspricht. Wir sind überzeugt, dass die Anwendung dieser Gleichung durch entsprechende Abänderung auch in Fällen möglich ist, wo z.B. mehrere Umwege gemacht werden müssen. Für den Augenblick interessiert uns aber die Anwendbarkeit der Feldgleichung zur Voraussage des Schwierigkeitsgrades einer äußerst einfachen Denkaufgabe. Wir nannten diese die Alpha-Aufgabe, weil sie genau dem einfachen Umwegschemata entspricht und weil wir den Faktor der Spannungsüberwindung in einem Feld dieses Typs als Alpha bezeichneten. (Siehe Einleitung).

In ihrer einfachsten Form lautet die Aufgabe folgendermaßen:

Der Versuchsperson wird nachstehende Zeichnung dargeboten:

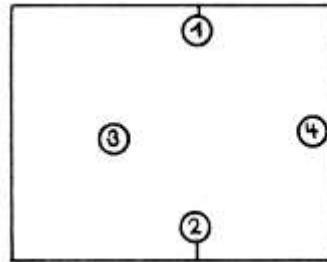


fig.6

Es werden folgende Anweisungen gegeben: „Die eingekreisten Zahlen 1, 2, 3 und 4 sind in einem Zuge mit einer Bleistiftlinie zu verbinden, aber ohne dabei eine schon vorhandene oder selbstgezogene Linie zu kreuzen.“

Die Zeitgrenze wurde durch Vorversuche so gewählt, dass bei mittlerer Schwierigkeit - wie in der abgebildeten Aufgabe - etwa 50 O/B der Versuchspersonen die Lösung finden konnten. Sie betrug für Sekundarschüler von 11 bis 15 Jahren eine Minute.

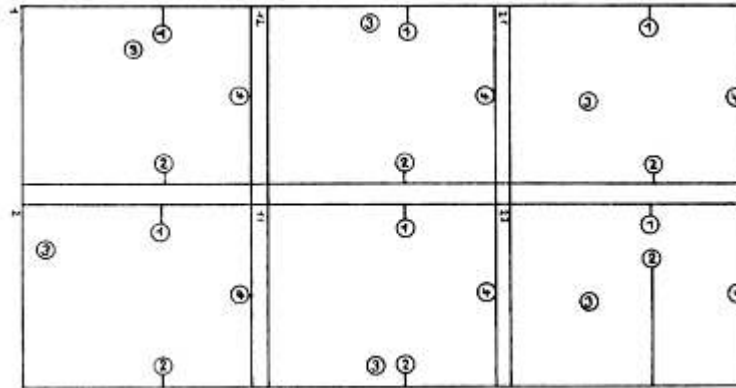
Bevor wir die Durchführung und die Resultate des Experimentes besprechen, ist zu zeigen, wie diese Aufgabe dem Umwegschemata entspricht. Der Punkt 1 ist offensichtlich der Ausgangspunkt und den Punkt 2 nehmen wir als Ziel an, weil es

von 2 nach 3 und von 3 nach 4 keine Unterscheidung zwischen Umweg und Direktweg mehr geben kann, da die Punkte 1 und 2 nicht frei im Feld liegen. 1 entspricht also A, 2 entspricht Z. Die Lage des Punktes 8 bestimmt die Größe des Umweges, denn die Aufgabe ist so konstruiert, dass die Punkte 1 und 2 nur um 8 herum verbunden werden können, damit sich die Lösung ergibt.

Nach der Feldgleichung gibt es drei auf ihre psychologische Wirksamkeit zu untersuchende Variablen: Die Umweglänge, den Umwegs-Winkel und die Direktstrecke. Die Umweglänge ist die Summe der Strecken 1-3 und 3-2, der Umwegswinkel ist der Winkel 213 und die Direktstrecke ist 1-2.

Vorbereitung des Experiments:

Jeder dieser Variablen wurde unter Konstanzhaltung der anderen zwei variiert, so dass sich für jede ein Aufgabenpaar ergab, d.h. insgesamt 6 Aufgaben von folgender Form:



Da man in diesen Aufgaben annehmen kann, dass das psychische Spannungsfeld weitgehend mit der objektiven Aufgabenstruktur identisch ist, kann man die Größe der Variablen durch direkte Messung in der Aufgabenskizze bestimmen.

	Umgewswinkel	Direktdistanz	Umgewslänge
Aufgabe Nr.	in Grad	in mm	in mm
1	80	40	5
2	80	80	80
11	30	50	80
12	120	50	80
21	45	50	80
22	45	50	30

Beim Aufgabenpaar 1/2 variiert die Umgewslänge, bei 11/12 der Winkel und bei 21/22 die Direktdistanz.

Nach der Feldgleichung (4) missen die Aufgaben 1, 11 und 21 leichter sein als 2 resp. 12 und 22: In 1 ist die Umgewslänge kleiner als bei 2, in 11 ist der Umgewswinkel - also auch seine Funktion $\sin \alpha$ - kleiner als bei 12 und in 21 ist die Direktdistanz größer als bei 22..

Durchführung des Experiments:

240 Schüler der Sekundarschule Herzogenbuchsee wurden in 6 Gruppen eingeteilt und zwar so, dass jede Gruppe altersmäßig möglichst gleich zusammengesetzt war. Jede Versuchsperson musste nur eine der 6 Testaufgaben lösen. Die Prüfung wurde einzeln durchgeführt mit einer Zeitgrenze von einer Minute. Das Resultat hieß „**gelöst**“ oder „nicht gelöst“.

Der Versuchsleiter legte der Versuchsperson die für sie bestimmte Skizze der Aufgabe vor, verdeckte sie aber noch mit einem weißen Blatt, und sagte: „Auf dem darunter liegenden Blatt sind die Zahlen 1, 2, 3, 4 - jede in einem Kreislein - aufgedruckt. Sobald ich das weiße Blatt wegziehe, verbindest du mit dem Bleistift die 4 Punkte in der richtigen Reihenfolge, also von 1 nach 2, von 2 nach 3 und von 3 nach 4, aber ohne eine selber gezogene oder auf dem Papier gedruckte Linie zu kreuzen.“ Wenn der Versuchsleiter sich vergewissert hatte, dass die Aufgabe richtig verstanden war, wurde begonnen. Nötigenfalls wurden die Anweisungen wiederholt.

Resultate

(Mit 40 Vpn pro Aufgabe, d.h. total 240 Vpn
im Alter von 11-15 Jahren)

Aufgabe 1 (kurzer Umweg)	40 % nicht gelöst	
Aufgabe 2 (langer Umweg)	65% nicht gelöst	Unterschied stat. gesichert, $p < .01$
Aufgabe 11 (kleiner Winkel)	52.5% nicht gelöst	
Aufgabe 12 (großer Winkel)	65 % nicht gelöst	Unterschied stat. gesichert, $p < .05$
Aufgabe 21 (großer Direktweg)	40% nicht gelöst	
Aufgabe 22 (kleiner Direktweg)	77.5% nicht gelöst	Unterschied stat. gesichert, $p < .01$

Durch diese Resultate ist die psychologische Wirksamkeit der drei postulierten Variablen nachgewiesen worden. Um die Übereinstimmung mit der abgeleiteten Feldgleichung zu überprüfen, kann man für jede Aufgabe die entsprechenden Werte in die Feldgleichung übertragen. Dabei müssen dieser Gleichung noch zwei Umrechnungskonstanten (k_1 und k_2) angefügt

werden; eine multiplikative für die Umrechnung der Größe des Leistungsvektors in die Prozentzahl der nicht gelösten Aufgaben, die andere additiv zur Festlegung des „Nullpunkts“, weil ja auch bei theoretisch äußerst leichten Aufgaben erfahrungsgemäß Fehler vorkommen. Die beste Übereinstimmung ergab sich für folgende Variante der Feldgleichung

$$\text{Nichtlösungen in \%} = \frac{\sqrt{\sin \frac{\text{Alpha}}{2} \cdot \text{Umweg in mm}}}{\sqrt{\text{Direktdist. in mm}}} \cdot k_1 + k_2$$

wobei $k_1 = .0055$ und $k_2 = .09$.

Vergleich zwischen theoretischem und experimentell festgestelltem Schwierigkeitsgrad

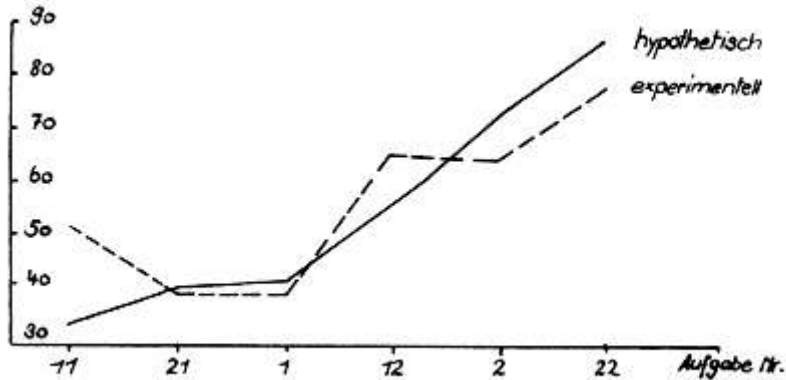


Fig.8

Bei dieser Übereinstimmung ist es bemerkenswert, dass die Feldgleichung nur im bezug auf die Wurzelzeichen abgeändert werden musste. Durch diese Resultate wurde demonstriert, dass die gesamten Feldbewegungen für die Bestimmung des Schwierigkeitsgrades einer Aufgabe maßgeblich sind und es wurde zugleich gezeigt, in welcher Weise einzelne Feldvariablen in einem einfachen Fall zusammenwirken können. Wir können uns vorstellen, dass die hier verifizierten Variablen auch in andern Problemen wirksam sind, wenigstens solange man sie irgendwie auf das Umwegschemata reduzieren kann.

Im Anschluss an diese Resultate kann man sich fragen, ob wir tatsächlich alle Elemente der Aufgabe variiert haben. Abgesehen davon, dass man die Lage des Punktes 4 verändern könnte, haben wir noch eine wichtige Variable ausgelassen: Die Aufgabenbegrenzung.

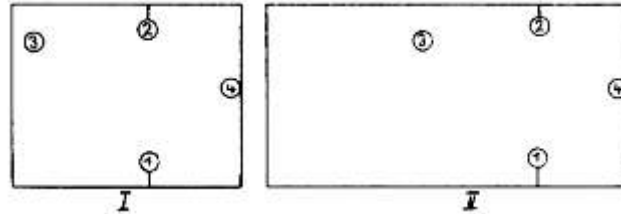
Diese ist allerdings nicht eine Variable im gleichen Sinn, wie die 3 Variablen der Feldgleichung, denn eine Umgrenzung ist ein komplexes Gebilde, das nicht leicht in eine Formel einbezogen werden kann. Dennoch kann man die psychologische Wirksamkeit der Aufgabenbegrenzung experimentell überprüfen.

Die Aufgabenanweisungen verbieten ein Kreuzen irgendwelcher Linien, also auch des Aufgabenrandes. Daher dürfen wir wohl annehmen, dass dieser im psychischen Spannungsfeld eher eine negative Valenz hat. Ist dies der Fall, dann müsste auf einem Umweg, der sich dem Rande nähert, eine größere Spannung überwunden werden als auf einem Umweg in einem vom Rande unbeeinflussten Feldteil.

Um diese Hypothese nachzuprüfen wurde folgende neue Variation der Alphaaufgabe konstruiert:

Aufgabe I entsprach äußerlich gesehen der Nummer 2 im ersten Versuch. Ausgangspunkt war aber der vorherige Punkt 2 Aufgabe II war dieselbe, aber die linke Randbegrenzung wurde um ca. die Hälfte der Feldbreite nach außen versetzt so dass der Punkt 8 weiter vom Rande weg zu liegen kam. Die Durchführung und die Anweisung waren die selben wie bei der ersten Versuchsserie hingegen lösten je 80 Versuchs Personen im Alter von 12 Jahren die beiden Aufgaben so dass die Resultate nicht direkt miteinander vergleichbar sind. (Seite 27)

Hier die beiden Aufgabenskizzen:



Resultat:

Aufgabe I (Rand nahe beim Umweg) 67 % nicht gelöst -

Aufgabe II (Rand weiter vom Umweg) 46.5 % nicht gelöst

Unterschied stat. gesichert $p < .01$

Es zeigt sich also, dass auch die Feldbegrenzung einen Einfluss auf den Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe haben kann, wie ja in einem Feld definitionsgemäß die Veränderung irgend eines Teils das Gesamte beeinflussen kann.

Damit scheint uns auch die Notwendigkeit dargelegt zu sein, in einer Denkaufgabe die Begrenzung möglichst zu fixieren, weil sonst Leistungsunterschiede durch individuell verschiedene Auffassung der Grenzen des Aufgabenfeldes zustande kommen können.

3. Anwendung der Feldgleichung auf eine gebräuchliche Umwegaufgabe

Gegen die bisherigen Ausführungen kann man einwenden, dass die Feldvariable zwar in einer eigens konstruierten Aufgabe nachweisbar sind, dass es aber noch nicht gesagt ist, dass sie auch in konkreten Aufgaben eine Rolle spielen. Um diesem Einwand zu begegnen, wurde eine Umwegaufgabe verwendet, welche bei Woodworth (1956, Seite 834) beschrieben ist. Sie lautet übersetzt folgendermaßen:

Ein Hauptmann mit 50 Soldaten gelangt „an das Ufer eines Flusses. Er findet nur ein einziges Boot, in dem 2 Kinder spielen. Dieses ist aber so klein, dass nur ein Mann und nicht einmal ein Mann zusammen mit einem Kind darin Platz hat. Wie gelingt es dem Hauptmann, alle Soldaten mit diesem Boot hinüberzuführen?

Die Lösung besteht darin, dass die beiden Kinder zuerst ans andere Ufer rudern, dort eines aussteigt und das andere zurückrudert. Dieses übergibt einem Mann das Boot, der rudert hinüber und das zweite Kind bringt das Boot zur Ausgangssituation zurück. Dieser Vorgang muss sich sooft wiederholen, bis alle Soldaten hinübergerudert sind.

Diese Aufgabe wurde nun so vereinfacht, dass der Lösungsvorgang nur einmal durchgeführt werden musste, d.h. es wurde statt einer Gruppe von Soldaten ein einziger Mann angenommen. Da Vorversuche zeigten, dass die falsche Lösung, jemand müsse mit dem Boot hinüber schwimmen, ziemlich häufig vorkam, wurde eine entsprechende Bedingung in den Text aufgenommen, der nun wie folgt lautete:

„Ein Mann gelangt an einen Fluss und sieht nur ein einziges Boot, in dem zwei Kinder spielen. Die Kinder würden ihm gerne helfen hinüber zu kommen, aber wenn ein Erwachsener ins Boot steigt, hat kein Kind mehr Platz. Frage: Wie kann der Mann trotzdem hinüberfahren, so dass niemand ins Wasser muss und die Kinder am Schluss ihr Boot wieder haben?“

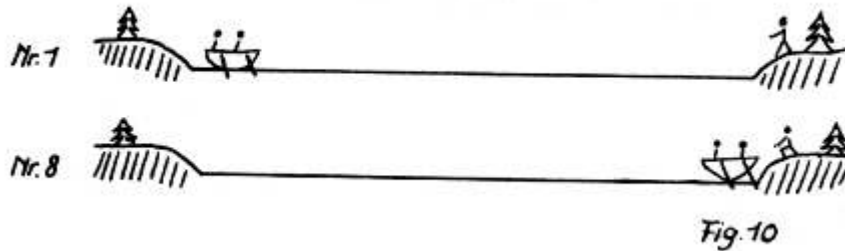
Die Zurückführung dieser Aufgabe auf das Umwegschemata geht folgendermaßen vor sich: Als Ausgangspunkt A kommt nur das Schiff in Frage, weil es das einzige Element ist, von dessen Bewegung der Lösungsweg bestimmt wird. Als Zielpunkt Z muss man - für den ersten und entscheidenden Schritt - das Ufer annehmen, an welchem der Mann steht, denn die Bewegung des

Schiffes muss zum Mann hinführen: Ist er im Besitz des Schiffes, so kann er ja hinüber rudern. Der Umweg besteht darin, dass das Schiff nicht auf direktem Wege zum Mann gebracht werden darf, sondern zuerst das gegenüberliegende Ufer berühren muss, um ein Kind aussteigen zu lassen. Die Distanz des Schiffes vom gegenüberliegenden Ufer bestimmt die Länge des Umwegs. Der Abweichungswinkel bleibt in jedem Falle konstant (1800), so dass von den 3 Variablen der Feldgleichung noch die Umweglänge und die Direktstanz verbleiben.

Bei einer Verschiebung der Lage des Bootes wirken diese Variablen in derselben Weise: Je mehr sich das Boot vom Ufer entfernt, an welchem sich der Mann befindet desto größer wird die Direktstanz und desto kleiner der Umweg. Also muss die Leistung und damit die Schwierigkeit durch diese Aufgabenvariation abnehmen.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden 8 Varianten dieser Denkaufgabe erstellt, wobei die Anweisungen jedes Mal dieselben waren, aber die angefügte Zeichnung so variiert wurde, dass die Stellung des Bootes in der Aufgabe 1 am linken - vom Manne entfernten - und in der Aufgabe 8 am rechten Ufer war. Aufgabe 1 sollte also am schwierigsten und Aufgabe 8 am leichtesten sein, während 2 bis 7 einen abnehmenden mittleren Schwierigkeitsgrad zeigen sollten.

Hier die Varianten 8 und 1 der dem Text angefügten Skizzen:



Durchführung des Experiments:

190 Sekundarschüler im Alter von 12 bis 15 Jahren wurden in 8 altersmäßig gleich zusammengesetzte Gruppen eingeteilt. Jeder Gruppe wurde als Gruppentest ein Aufgabenblatt vorgelegt, welches den zitierten Text und eine der 8 Variationen der Skizze enthielt. Die Lösung musste innerhalb 10 Minuten auf die Rückseite dieses Blattes aufgeschrieben werden. Die Lösungen wurden beim Eingehen kontrolliert und falsche zurückgewiesen mit der Bemerkung „das stimmt nicht“, so dass jeder innerhalb der Zeitgrenze die Chance hatte, noch die richtige Lösung zu finden.

Resultate:

Aufgabe	Zahl der Vp	nicht gelöst	kombiniert
8	23	48%	
7	22	50%	49%
6	23	48%	
5	25	40%	44%
4	24	42%	
3	25	48%	45%
2	25	24%	
1	23	44%	34%

Die vorausgesagte Abnahme des Schwierigkeitsgrades von Aufgabe 8 nach 1 hat sich gezeigt, wenn auch nicht so deutlich wie erwartet. Wenn man je zwei Gruppen kombiniert, so zeigt sich die Abnahme etwas deutlicher: Die 2 Mittelgruppen 3/4 und 5/6 sind sich im Schwierigkeitsgrad etwa gleich, während sich die beiden Extremgruppen statistisch gesichert unterscheiden ($p < .05$). Die beiden Mittelgruppen nehmen gemäß der Hypothese eine Mittelstellung ein.

Interessant ist, dass die beiden Gruppen 1 und 8, also die beiden Extremstellungen gegenüber 2 und 7 im falschen Sinne abweichen. Besonders deutlich ist dies bei den Gruppen 1 und 2 der Fall, wobei 1 gegen die Hypothese schwieriger ist als 2.

Wir vermuten hier den Einfluss des schon festgestellten Faktors der Feldbegrenzung, welcher bei der Aufgabe 1 (und 8) eine Rolle spielen könnte, weil sich der Ausgangspunkt gerade am Rande des Feldes, an der Grenze der möglichen Bewegung des Schiffes, befindet.

Eine andere Möglichkeit der Erklärung, weshalb sich die Voraussage nicht im Detail erfüllte, liegt in der Tatsache, dass verschiedene Versuchspersonen nach Durchführung des Versuchs erklärten, sie hätten die Zeichnung gar nicht beachtet. Deshalb wurde ein zweiter, etwas veränderter Versuch durchgeführt.

Zweiter Versuch

Es wurden nur noch die Variationen 8 und 1 verwendet. Die Skizze wurde an die Tafel gezeichnet und die Aufgabe mündlich gegeben und zwar so verändert, dass auch der Text den Skizzen angepasst wurde.

Text zur Skizze 8 (schwerere Variation) mit den Abänderungen zur Skizze 1 in Klammer:

„Fritz und Fredi haben sich ein Boot gebastelt. Sie gehen an einen Fluss und probieren es am Ufer aus. Sie sehen, dass es gerade zwei Knaben trägt, aber nicht mehr. Da kommt ein Mann am gleichen (ändern) Ufer daher und fragt sie (ruft ihnen zu): Könnt ihr mir ans andere Ufer helfen? Fritz sagt zu Fredi: Er ist sicher fast so schwer wie wir beide zusammen. Wenn wir ihn ins Boot nehmen, so sinkt es, auch wenn du dafür aussteigst. Fredi meint aber: Wenn wir es mit dem Umsteigen richtig machen, so kommt der Mann hinüber und wir haben unser Boot wieder. Wie mussten sie es machen?“

Resultate und Durchführung:

Versuchspersonen waren 2 Parallelklassen von 25 resp. 26 Schülern der Sekundarschule Langenthal:

(Den Schülern von Herzogenbuchsee war diese Aufgabe schon bekannt). ihr Alter betrug 13 Jahre, die Zeit-Grenze 5 Minuten, wobei die Zeit erst genommen wurde, nachdem die Aufgabe erklärt worden war. Die Lösungen mussten wie beim ersten Versuch schriftlich abgegeben werden.

Anzahl Vp Aufgabe nicht gelöst

<input type="checkbox"/>	Skizze 8 (schwerere Aufgabe)	26	46 %
<input type="checkbox"/>	Skizze 1 (leichtere Aufgabe)	25	12 %

Unterschied statistisch gesichert $p < .01$

Bei dieser zweiten Durchführungsart trat also der erwartete Unterschied im Schwierigkeitsgrad deutlicher hervor. Die Resultate zur Skizze 8 sind in beiden Versuchen praktisch gleich (im ersten 48 %, im zweiten 46 % nicht gelöst), während bei der Variation 1 ein deutlicher Unterschied feststellbar ist (44 % gegenüber 12 % nicht gelöst).

Diese Tatsache könnte man so interpretieren, dass die Variation 8, bei welcher sich das Schiff der spielenden Kinder auf der gleichen Uferseite wie der Mann befindet, die „normale“ Situation ist, welche nur dann nicht wirksam bleibt, wenn die Stellung des Bootes durch eine große Zeichnung und entsprechende textliche Veränderungen deutlich an das gegenüberliegende Ufer fixiert ist. Die Konsequenz, die sich daraus ziehen lässt, ist folgende: Es gibt offenbar bei Denkaufgaben gewisse Vorstellungen über die Zusammenhänge der Situation, welche „natürlicher“ erscheinen, also Strukturen, welche sich leichter herausbilden als andere. Daher ist es bei der Variation von Aufgaben notwendig, die Aufgabensituation möglichst eindeutig und augenfällig darzustellen, damit die geometrischen Feldvariablen mit den psychologischen übereinstimmen.

4. Anwendung der Feldgleichung auf Denkaufgaben, welche nicht ohne weiteres auf das Umwegschemata reduziert werden können

Ein weiterer Einwand gegen die Möglichkeiten der Feldvariablen ist die Tatsache, dass es Aufgaben gibt, in denen das Umwegschemata nicht mehr leicht zu zeigen ist: Man findet weder einen Ausgangspunkt noch ein Ziel, und die Größe des Abweichungswinkels kann daher auch nicht angegeben werden. Dies ist vor allem bei den sogenannten Umgruppierungsaufgaben der Fall, bei welchen explizit eine Umstrukturierung der gegebenen Situation gefordert wird, wie z.B. bei der schon erwähnten Summierungsaufgabe nach Wertheimer.

Diese besteht darin, dass für die Summierung eine einfachere Lösung gefunden werden muss. Diese wird wie gesagt gefunden, wenn man erkennt, dass je 2 Zahlen zusammen 11 ergeben, also

$$1+10 + 2+9 + 3+8 + 4+7 + 5+6=5\text{mal } 11=55$$

Der Umweg besteht darin, dass die Summierung statt in gerader Reihenfolge in Sprüngen von links nach rechts und zurück erfolgen muss. Folglich sollte der Umweg größer werden, wenn die Zahlenreihe bei der Darbietung in der Mitte etwas auseinandergeschoben wird, weil damit jeder zu vollziehende Sprung - gleich in welcher Reihenfolge er ausgeführt wird - sich etwas vergrößert.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde folgendes Experiment durchgeführt: Auf einem vorgedruckten Zettel wurde eine Zahlenreihe präsentiert:

Aufgabe 1

$$1+2+3+4+5+6+7+8+9+10=55$$

Aufgabe 2

$$1+2+3+4+5 + 6+7+8+9+10=55$$

Die Anweisungen lauteten für beide Aufgaben:

„Rechnet diese Aufgabe nach ... sie stimmt. Wie könnte man diese Zahlen aber auf eine viel einfachere Art zusammenzählen, so dass man nicht mehr so lange zu rechnen braucht?“

Die Lösung musste aufnotiert und abgegeben werden. Zeitgrenze war 6 Minuten. Die Versuchspersonen - 48 Sekundarschüler im Alter von 11 Jahren - wurden in 2 durch Zufall bestimmte Gruppen eingeteilt, indem die Zettel der beiden Aufgabenvariationen gemischt und nachher der Sitzreihenfolge nach verteilt wurden.

Resultate:

nicht gelöst

<input type="checkbox"/>	Aufgabe 1 (normale Darbietung)	50 %
<input type="checkbox"/>	Aufgabe 2 (Lücke zwischen 5 und 6)	75 %

Der Unterschied ist stat. gesichert, $p < .01$.

Unsere Annahme hat sich durch diese Resultate voll bestätigt. Der Unterschied in der Umweglänge (120 gegen 100 mm, aus der Aufgabe gemessen) hat sich im Schwierigkeitsunterschied deutlich bemerkbar gemacht, vielleicht fast zu deutlich, wenn wir mit den Resultaten bei der Alphaaufgabe vergleichen. Dort wurde etwa der gleiche Prozent-Unterschied durch eine Verdoppelung des Umweges erreicht wie hier durch die Vergrößerung um einen Fünftel. Obschon wir aus diesem Resultat mit etwas wenig Versuchspersonen keine voreiligen Schlüsse ziehen wollen (der Unterschied ist wohl statistisch gesichert, seine genaue Größe aber nicht bestimmt), ist doch die Vermutung gestattet, dass wir uns vielleicht an der Grenze der geometrischen Feldanalyse befinden und wieder auf Lewins Hodologie zurückgreifen müssen. Diese wurde nämlich die erhaltene Schwierigkeitsdifferenz besser erklären: Durch die Lücke in der Mitte der Reihe werden 2 Bereiche gebildet, so dass sich der Umweg durch das jeweilige Überschreiten der Grenze psychologisch vergrößert.

Wir könnten nun die Geometrie und die Hodologie gegeneinander ausspielen und Argumente pro und contra zusammenstellen; aber es liegt uns nichts daran. Selbst wenn man im einen oder andern Fall die Überlegenheit einer Methode der Feldanalyse beweisen könnte, dürfte man daraus keine Verallgemeinerung ziehen. Wie haben schon gesagt, dass die Anwendbarkeit geometrischer und hodologischer Methoden von der zu untersuchenden Situation abhängt.

V. Die Leistung im Spezialfall der funktionalen Gebundenheit

Bei der einfachsten Umwegsituation haben wir 3 Elemente angenommen: Der Ausgangspunkt, das Hindernis und das Ziel. Wir nahmen dabei an, dass die Distanz zwischen Ausgangspunkt und Ziel das Spannungsfeld bestimme - ähnlich einem zweipoligen elektro-magnetischen Feld -, wenn die Motivation, dieses Ziel zu erreichen, ausgeklammert wird. Wir erweitern nun das Schema durch ein viertes Element, welches die Spannungsstruktur des Feldes verändern soll, ohne an den räumlichen Beziehungen der bestehenden Elemente etwas zu verändern. Wir bezeichnen dieses vierte Element als M (= Mittel), weil es praktisch ein Gegenstand ist, der zur Lösung der Aufgabe gebraucht werden muss. Die Veränderung der Spannungsstruktur des Feldes durch dieses neue Element zeigen wir durch das Einzeichnen eines Vektors an.

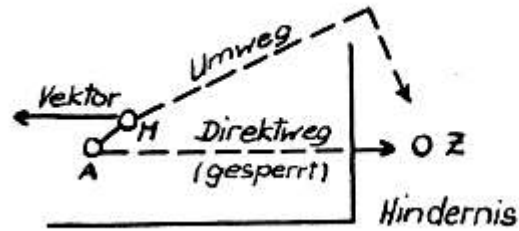


Fig. 11

Im Schema weist dieser Vektor vom Ziel weg. Das will heißen, dass wir uns eine Aufgabe vorstellen, in welcher das zu verwendende Mittel die Lösung erschwert.

Wodurch kann man nun erreichen, dass ein Gegenstand, den man zum Lösen einer Aufgabe verwenden muss, einen solchen dem Ziel entgegengesetzten Vektor hat?

Birch und Rabinowitz (1951) führten folgenden Versuch durch: Zwei Gruppen von Versuchspersonen mussten zuerst eine einfache Verdrahtungsaufgabe mit einem Relais - beziehungsweise mit einem Schalter - lösen. Darauf wurde ihnen eines der Maierschen Probleme vorgelegt, in welchem zur Lösung ein schwerer Gegenstand benutzt werden muss, wobei der Schalter

und das Relais als Hilfsmittel zur Verfügung standen. 90 % der Lösungen wurden dabei mit Hilfe des *Gegenstandes* gefunden, welcher vorher nicht in der Verdrahtungsaufgabe verwendet worden war.

Wir können die Situation dieses Versuchs vereinfacht so darstellen:

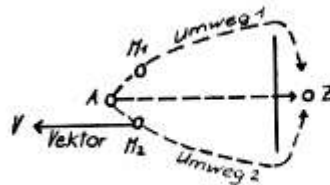


Fig. 12

Dabei ist M_1 der vorher nicht verwendete, M_2 der vorher verwendete *Gegenstand*. V bezeichnet die vorangegangene Situation (Verdrahtungsaufgabe). Der Vektor zeigt von M_2 auf V , weil M_2 in der vorangegangenen Situation V eine bestimmte Funktion hatte, welche mit der zur Lösung erforderlichen nicht übereinstimmt.

Die Versuchspersonen im Experiment von Birch und Rabinowitz hatten zwei Lösungsmöglichkeiten. Sie wählten mehrheitlich den *Gegenstand*, welcher für sie nicht schon eine ganz bestimmte Funktion hatte. Der andere *Gegenstand* (M_2) war eben - nach Dunkers Ausdrucksweise - funktional gebunden. Zur Überwindung der funktionalen Gebundenheit hätte es offenbar zusätzlicher Energie bedurft.

Was ist nun diese funktionale Gebundenheit? Jedermann kennt die beliebten Vexierbilder, in denen ein bestimmter Gegenstand gesucht werden muss. Dieser wird zeichnerisch versteckt, indem seine wichtigen Teile in einem andern Gegenstand eine Funktion haben, z. B. erscheint der Bart eines zu suchenden Zwerges als Teil eines Gebüsches. In diesem Gebüsch drin hat der Bart eine bestimmte Funktion, er ist funktional gebunden, er „passt“ so gut dazu, dass es schwierig ist, ihn als Teil des Zwerges zu sehen, so dass man den Kerl überhaupt nicht findet. In unserm Schema ist der Gegenstand M_2 an V gebunden, d.h. wenn man ihn betrachtet, kommt einem zuerst die Funktion in den Sinn, die er im Zusammenhang mit der vorhergehenden Situation innehatte. Er bildet mit dieser Situation eine Struktur welche gebrochen werden muss, wenn M_2 eine neue Funktion ausüben soll. Unsere Darstellung mit Hilfe des Vektors soll zeigen, dass wir im Sinne haben, die funktionale Gebundenheit eines Gegenstandes als eine variable Kraft aufzufassen.

Wie kann man nun die Stärke der funktionalen Gebundenheit, die Größe dieser Kraft experimentell variieren? Entweder so wie Birch und Rabinowitz, indem man durch vorangehende Aufgaben eine bestimmte Funktion eines Gegenstandes hervorhebt, oder aber - und diese Möglichkeit haben wir gewählt - durch Verwendung verschiedener Gegenstände, deren „funktionale Gebundenheit“ vorher experimentell bestimmt wurde.

Dabei gingen wir wie folgt vor: Wir ließen von den Versuchspersonen alle ihnen in den Sinn kommenden möglichen Funktionen aufnotieren, welche ein bestimmter Gegenstand haben kann. Die am häufigste genannte Funktion wurde als die „Normalfunktion“ bezeichnet. War der Gegenstand stark an seine Normalfunktion gebunden, war der Vektor in dieser Richtung sehr groß, so musste es schwierig sein, andere Funktionen anzugeben. Als generelle Maßzahl dafür, wie stark ein Gegenstand an seine Normalfunktion gebunden ist, nahmen wir die Zahl der außer der Normalfunktion durchschnittlich angegebene Funktionen.

Bei unseren Aufgaben waren diese Gegenstände so gewählt, dass praktisch niemand genau die Funktion angab, die zur Lösung

der Aufgabe benötigt wurde. Die Verfügbarkeit der Funktion (Saugsta 1957) konnte also keine Rolle spielen.

Durchführung und Resultate der Versuche:

Wie Birch und Rabinowitz wählten wir als Ausgangspunkt die Schnur-Aufgabe von Maier (1930); sie wurde wie folgt durchgeführt:

Jede Versuchsperson erhielt zu Beginn ein umgedrehtes Blatt, an welchem einer der zu verwendenden Gegenstände genannt war und wurde angewiesen, den Namen auf das Blatt zu schreiben und es erst auf Befehl zu wenden. An die Wandtafel wurde folgende Skizze gezeichnet:

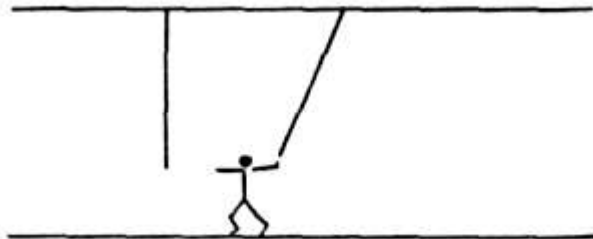


Fig. 13

Der Versuchsleiter sagte: „Ein Knabe bekommt die Aufgabe, in einer Turnhalle zwei Seile miteinander zu verknüpfen. Er fasst das erste und will zum zweiten gehen, aber er merkt, dass er es nicht erreichen kann. Mit Hilfe des Gegenstandes, der

auf eurem Blatt steht, ist es ihm aber möglich, die Aufgabe zu lösen. Wie kann er das? Ihr könnt das Blatt drehen. Wer die Lösung gefunden hat, schreibt sie auf das Blatt und bringt es noch vorn.“

Eine besondere Gruppe von Versuchspersonen wurde zur Messung der durchschnittlich angegebenen Funktionen eingesetzt, und zwar auf folgende Art:

Die Gegenstände, deren durchschnittliche Funktionszahl gemessen werden sollte, wurden so ausgewählt, dass sie sich objektiv gesehen etwa gleich gut zur Lösung der Schnuraufgabe durch Pendeln eigneten wie für andere Lösungen - wie z.B. das Heranangeln eines Seils - verunmöglichten.

Für den ersten Versuch:

Magnet, Farbkübel, Gewichtsstein, Uhrpendel

Für den zweiten Versuch:

Gewichtsstein, Bügeleisen, Milchkrug, Deckenlampe, Wasserhahn.

Die Gegenstände wurden in der genannten Reihenfolge an die Wandtafel skizziert mit dem Auftrag, möglichst viele Verwendungsarten für Jeden Gegenstand aufzuschreiben. Für jeden Gegenstand wurde 10 Minuten Zeit gegeben. Um die Aufgabe zu erklären, wurde zuerst mit der Gruppe gemeinsam besprochen, wozu man einen Ziegelstein verwenden könnte.

Die angegebenen Funktionen wurden so klassiert, dass Wiederholungen der genau gleichen Funktion in andern Worten nicht mitgerechnet wurden. Gab jemand z.B. an „Eisen anziehen“ und „Nägel, so wurde dies nur als eine Funktion berechnet. Die Funktion mit der größten Häufigkeit wurde als „Normfunktion“ bezeichnet und für die Berechnung außer acht gelassen. Alle

andern Funktionen wurden addiert und durch die Zahl der Versuchspersonen dividiert. Die erhaltene Zahl gibt an, wie viele andere Funktionen außer der normalen eine Versuchsperson von diesem Gegenstand (durchschnittlich) angeben kann. Das war für uns die Maßzahl der Gebundenheit eines Gegenstands an die Normalfunktion. Die Gebundenheit ist groß, wenn wenig andere Funktionen angegeben werden können, also wenn die Maßzahl klein ist. Unsere Hypothese lautete: Können für einen Gegenstand außer der Normalfunktion wenig andere Funktionen angegeben werden, so erschwert dies eine Aufgabe, in welcher dieser Gegenstand im Lösungsprozess eine ungewöhnliche Funktion ausübt.

Resultate des ersten Versuchs:

Schnuraufgabe: 46 Sekundarschüler, 13 Jahre, Zeit 5 Minuten.

Funktionen angeben: 26 Sekundarschüler, 13 Jahre, Zeit 10 Minuten

Gegenstand, der zur Lösung verwendet werden muss.	n	% nicht gelöst	Zahl der pro Vp. angegebenen Funktionen (n =26) ausg. Normalfunktion
Gewichtstein	11	0	5.69
Uhrpendel	12	25	4.54
Kübel m. Farbe	12	58	3.02
Magnet	11	73	2.23

Resultate des zweiten Versuchs:

Schnuraufgabe: 43 Sekundarschüler, 12 Jahre, Zeit 10 Minuten.

Funktionen angeben: 23 Sekundarschüler, 12 Jahre, Zeit 6 Minuten

Gegenstand, der zur Lösung verwendet werden muss.	n	% nicht gelöst	Zahl der pro Vp. angegebenen Funktionen (n =23)ausg. Normalfunktion
Gewichtstein	9	22	3.88
Milchkrug	9	33	2.35
Deckenlampe	8	50	2.35
Wasserhahn	9	55	1.30
Bügeleisen	8	62	.96

Wie die beiden Tabellen zeigen, stimmt in den zwei Versuchen die Reihenfolge der Schwierigkeit der Aufgabenvariationen - gemessen an der Prozentzahl der Nichtlösungen - mit der Reihenfolge der durchschnittlich angegebenen Funktionen (ausgenommen Normalfunktion) überein. Unsere Hypothese wird also durch die Resultate voll bestätigt.

Damit hat sich gezeigt, dass der Begriff der Spannungsüberwindung auch auf Problemsituationen anwendbar ist, in welchen die Feldstruktur von funktionalen, nichträumlichen Beziehungen mitbestimmt wird. Somit hat sich die Grundlage dieses

Begriffs erweitert und wir glauben annehmen zu dürfen, dass die Spannungsüberwindung in allen echten Problemsituationen als Maßstab der Leistung verwendet werden kann.

VI. Faktorenanalyse der Spannungsüberwindung

1. Die Faktorenanalyse als Verifikationsmethode

Soweit haben wir gesehen, dass der Begriff der Spannungsüberwindung erlaubt hat, die Vorgänge der Umstrukturierung unter dem Leistungsaspekt zu betrachten. Es wurde für die Spezialfälle der Umwegsituation und der Überwindung der funktionalen Gebundenheit gezeigt, welche Variablen die Größe der Spannungsüberwindung und damit der Schwierigkeit bestimmen können. Bei der Umwegsituation ist die Voraussage der Schwierigkeit aus der Aufgabensituation heraus möglich, während die Überwindung der funktionalen Gebundenheit Faktoren der Erfahrung in sich schließt, welche zuerst bestimmt werden müssen, um die Größe der Spannungsüberwindung angeben zu können. Deshalb sind die Umwegprobleme für eine faktorenanalytische Studie geeigneter, denn sie entheben einem davon, Erfahrungsfaktoren zu postulieren; je weniger Faktoren aber zu berücksichtigen sind, desto einfacher wird die Untersuchung.

Es stellt sich erstens die Frage: Gibt es einen Faktor der Spannungsüberwindung? und zweitens: Wenn ja, ist er mit dem von Meili gefundenen Faktor der Plastizität identisch?

Nach unseren theoretischen Überlegungen sind wir geneigt, beide Fragen zu bejahen. Auch die Untersuchungsergebnisse sprechen für die Existenz eines Faktors der Spannungsüberwindung, weil die Veränderung der Spannungsüberwindung in einer Denkaufgabe überall die vorausgesagte Veränderung des Schwierigkeitsgrades bewirkte. Dabei ist es allerdings nicht sicher, dass in jeder Aufgabe derselbe Faktor die Spannungsüberwindung erleichtert.

Zur Überprüfung dieser Fragen steht uns die Methode der Faktorenanalyse zur Verfügung. Wenn unsere Voraussetzungen stimmen, so muss die Faktorenanalyse einer Testserie, welche nach den Kriterien der Spannungsüberwindung zusammengestellt wurde, als erstes einen Faktor ergeben, der allen Testaufgaben gemeinsam ist und in welchem Plastizitätstests hohe Sättigungen zeigen.

Die Rotation soll so erfolgen, dass der Test, welcher nach unserer Voranalyse den Faktor der Spannungsüberwindung am reinsten vertritt, auf diesem die höchste und auf den andern Faktoren möglichst niedrige Sättigungen aufweist. Die Übereinstimmung der so erhaltenen Sättigungen der Referenztests mit den Resultaten früherer Arbeiten zeigt dann an, ob man den Faktor der Spannungsüberwindung als identisch mit der Meilischen Plastizität annehmen darf.

Die Kriterien für Tests der Spannungsüberwindung sind folgende:

1. Die Lösung der Aufgabe muss entweder dem Umwegschemata oder dem Prinzip der Überwindung funktionaler Gebundenheit entsprechen.
2. Die zu überwindende Spannung muss möglichst eindeutig festgelegt sein:

Die Situation muss einfach und klar - wenn möglich mit einer Skizze

- dargestellt werden. Erfahrungsfaktoren müssen möglichst ausgeschaltet sein. Gleichartige Tests (z. B. verschiedene Bootaufgaben) dürfen nicht nach derselben Methode lösbar sein. Es soll grundsätzlich nur eine richtige Lösung geben.

Nach diesen Kriterien wurde eine Testbatterie von 6 Tests mit je 2 Aufgaben gleicher Art zusammengestellt. Dazu kamen 2 Referenztests für den Faktor der Plastizität nach Meili und ein „negativer“ Referenz-Test, welcher für den Faktor der Plastizität als typisch angenommen wurde.

2. Beschreibung der Testbatterie

A. Tests der Spannungsüberwindung

Jeder dieser 6 Tests besteht aus 2 Aufgaben. Die Wahl der Zeit-Grenze geschah so, dass ca. 50 % der Versuchspersonen die Aufgabe lösen können. Eine innerhalb der Zeitgrenze gelöste Aufgabe gibt einen Punkt. Das Testresultat kann so 0, 1 oder 2 Punkte betragen. Die Aufgaben a jedes Tests wurden 2 Wochen vor den Aufgaben b durchgeführt.

1. Dreiecktests

Form a

Es wird der Vp folgende Figur vorgelegt:



Die Anweisungen lauten:

„Diese 4 Punkte sind, vom Punkt A ausgehend, in der angegebenen Richtung und ohne abzusetzen mit nur 3 geraden Linien zu verbinden und zwar so, dass man in der angegebenen Richtung wieder zum Punkte A zurückkehrt.“

Form b
Figur



Anweisungen:

Diese 3 Punkte sind, vom Punkt A ausgehend in der angegebenen Richtung und ohne abzusetzen mit 4 geraden, zusammenhängenden Linien zu verbinden und zwar so, dass die Linien in Richtung der Pfeile gezogen werden.

Lösungen der beiden Aufgaben:

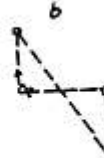
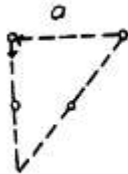


Fig. 16

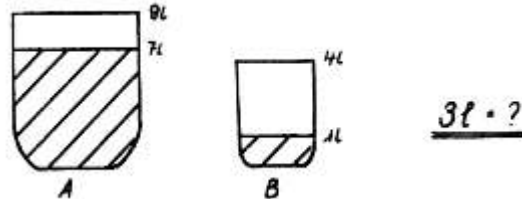
In beiden Aufgaben ist das Umwegschemata auf die Verbindung des zweiten mit dem dritten Punkt anwendbar. Der Direktweg ist die gerade Verbindung beider Punkte. Dies ist durch die Aufgabenbedingungen verunmöglicht.

2. Krugtest

Der Krugtest wurde in Anlehnung an den bekannten Wasserkrugtest (siehe Einleitung) konstruiert. Bei jenem wird eine gewisse Einstellung im bezug auf die Lösungsmethode durch eine Reihe zu lösender Aufgaben erzeugt. Wir haben versucht, diese Einstellung, d.h. die Richtung der Primärtendenz, durch die Darbietung des Problems selber zu erreichen. Wir reduzierten also die Zahl der Aufgaben auf eine und - zur Vereinfachung der Situation - die Zahl der Krüge von 3 auf 2. Jeder Krug ist mit einer bestimmten Menge Wasser teilweise gefüllt. Die Lösung besteht insofern in einem Umweg, als die gewünschte Menge Wasser nicht bloß durch Umschütten, sondern durch vorhergehendes Ausschütten von Wasser gefunden werden kann.

Form a

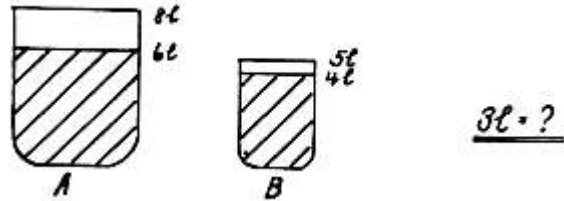
Folgende Skizze wird an die Wandtafel gezeichnet.



Anweisungen: „Hier sind 2 Gefäße gezeichnet, welche teilweise mit Wasser gefüllt sind. Das größere Gefäß A fasst 9, enthält aber nur 7 Liter. Das kleinere Gefäß B fasst 4, enthält aber nur 1 Liter. Anderes Wasser steht nicht zur Verfügung und in den Gefäßen können keine Markierungen angebracht werden. Was muss man tun, um 3 Liter abzumessen? Schreibt auf: Erstens und zweitens. (Lösung: 1. B ausschütten, 2. A in B leeren.)

Form b

Folgende Skizze wird an die Wandtafel gezeichnet:

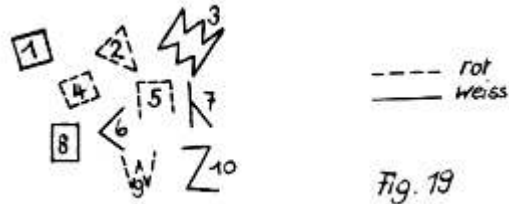


Anweisungen wie bei Form a mit entsprechend veränderten Zahlen. <Lösung: 1. B in A schütten, 2. Rest B ausschütten 3. A in B schütten.)

3. Umgruppierungstest

Form a

Wandtafelskizze:



Anweisungen: Diese 10 Figuren müssen in 2 passende Gruppen von je 5 Figuren eingeteilt werden. Es sind schon zwei Gruppen vorhanden, nämlich rote und blaue. Diese Gruppierung ist aber falsch, denn es hat 4 rote und 6 blaue Figuren. Nach welchem Merkmal müssen diese Figuren geordnet werden, dass man sie in zwei Gruppen von je 5 Figuren einteilen kann?"
(Lösung: 1, 2, 3, 4 und 8 sind geschlossene, die andern offene Figuren.)

Form b



Fig 20

Anweisungen: Diese 10 Figuren müssen in 2 Gruppen von je 5 eingeteilt werden. Eine solche Einteilung besteht zwar schon: Links sind die eckigen und rechts die runden Figuren. Es soll jetzt aber eine neue Gruppierung gefunden werden. Nach welchem Merkmal sind die Figuren zu ordnen und welche Nummern gehören zu den neuen Fünfer-Gruppen?"

(Lösung: 1, 5, 8, 9 und 10 sind höher als breit, die andern etwa gleich hoch wie breit.)

Dieser Test wurde nach einer persönlichen Anregung von Herrn Professor Meili konstruiert. Beide Aufgaben präsentieren die

Figuren in zwei deutlich getrennten Strukturen, die erste durch farbliche, die zweite durch räumliche Hervorhebung. Zur Lösung müssen diese Strukturen gebrochen werden, d.h. die funktionale Gebundenheit (oder auch strukturelle Gebundenheit) der Elemente an die bestehende Gruppierung muss neutralisiert werden.

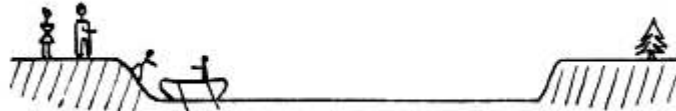
4. Fluss-Boot Test

Form a

Sie entspricht genau der Form aus Kapitel IV.

Form b

Tafelskizze (Darbietung mündlich).



Anweisungen: „Vater, Mutter und zwei Knaben gelangen an einen Fluss und möchten gerne ans andere Ufer fahren. Sie finden jedoch nur ein einziges Boot, in welchem bloß 2 Personen - Kinder oder Erwachsene - Platz finden. Schon ist einer der Knaben eingestiegen und ruft seinem Bruder zu, er solle auch kommen, sie wollen zusammenbleiben. Der Vater erklärt: Wenn wir alle

ans andere Ufer kommen wollen, ohne dass ihr beide euch trennen müsst, müssen wir es anders machen.

Frage: Wie mussten sie vorgehen, damit alle ans andere Ufer fahren konnten, ohne dass die beiden Knaben sich je trennen mussten?"

(Lösung: Zuerst fahren beide Eltern hinüber. Ein Erwachsener bringt das Boot zurück und lässt zuerst beide Knaben fahren. Dann wird der zurückgebliebene Erwachsene von seinem Partner herübergeholt.)

Der Umweg besteht darin, dass die beiden Knaben nicht direkt hinüberfahren können, sondern zuerst wieder aussteigen und die Eltern zuerst rudern lassen müssen.

5. Wertheimer Summierungstest

Form a

Entspricht der Normalform im IV. Kapitel (Summe 1 bis 10 addieren).

Form b

Folgende Rechnung wird der Vp vorgelegt:

$$\frac{71+72+73+74+75}{5} = 73$$

Anweisung: „Statt zuerst die obere Zahlen zu addieren und dann die Summe durch 5 zu teilen, könnte man dasselbe Resultat durch eine einfache Überlegung erhalten. Wie?“

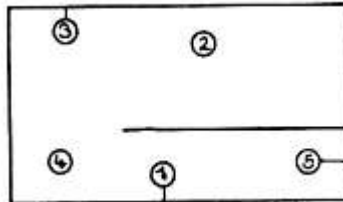
(Lösung: 5 Zahlen geteilt durch 5 entspricht dem Durchschnitt dieser Zahlen. In einer fortlaufenden Reihe ist es die mittlere Zahl, also 73.)

6. Alphatest

Er besteht aus zwei schwierigen Varianten der im IV. Kapitel beschriebenen Alpha-Aufgabe. Die Durchführung erfolgte als Gruppentest, wobei in den ausgeteilten vorgedruckten Skizzen die Zahlen nicht angegeben waren, damit alle Versuchspersonen gleichzeitig beginnen mussten.

Form a

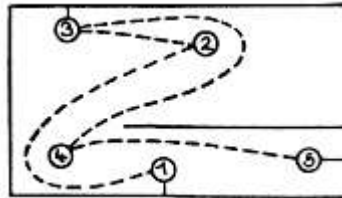
Jede Vp erhält folgende Skizze (ohne die Zahlen):



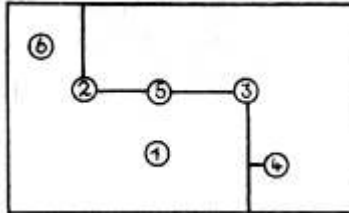
Anweisungen: „Auf eurem Blatt habt ihr die gleiche Skizze wie an der Wandtafel. Ich werde nun in die Kreislein die Zahlen 1, 2, 3, 4 und 5 eintragen. Sobald ich das tue, tragt ihr sie auf eurem Blatt ein und beginnt bei der Zahl 1. Von dieser aus verbindet ihr die Kreislein in der Reihenfolge 1, 2, 3, 4, 5 mit einer zusammenhängenden Bleistiftlinie, die nicht gerade sein muss. Ihr dürft dabei aber nie eine vorhandene oder selber gezogene Linie kreuzen. Wer fertig ist, gibt das Blatt ab.“

In dieser Aufgabe sind zwei Umwege zu finden: Erstens von 1 um 4 nach 2 und zweitens von 3 nach 4 um 2. (Siehe Lösung.)
Nach eigenen Beobachtungen liegt die Hauptschwierigkeit beim zweiten Umweg, was mit der Größe der Feldvariablen übereinstimmt (Direktweg kleiner, Umwegswinkel größer).

Lösung:



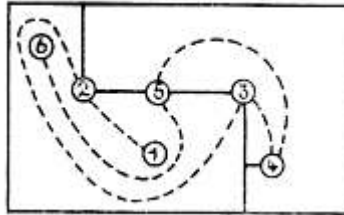
Form b
Skizze



Anweisungen und Durchführung wie bei Form a. Es wurde noch erwähnt: „Es ist gestattet, die Linie durch ein Kreislein hindurchzuziehen.“

In dieser Aufgabe hegt die Hauptschwierigkeit im Umweg von 2 nach 3 über 6.

Lösung von Form b:



Bemerkungen zur Durchführung dieser 6 Tests

Alle diese Tests wurden klassenweise mit insgesamt 120 Vpn im Alter von 11 bis 15 Jahren durchgeführt. Die Zeit wurde vom Augenblick an gemessen, wo die Anweisungen allen klar waren. Auf gestellte Fragen wurde mit Wiederholung der Anweisungen geantwortet. Alle Anweisungen wurden mindestens zweimal gelesen.

Jeder der glaubte, er habe die richtige Lösung gefunden, musste sie nach vorne zum Versuchsleiter bringen. Dieser kontrollierte sie. War sie falsch, so gab er sie mit der Bemerkung „so geht das nicht“ zurück. Innerhalb der Zeitgrenze durfte die Vp nochmals versuchen.

War die Lösung richtig, behielt der Versuchsleiter das Blatt und notierte die gebrauchte Zeit. Trafen mehrere richtige Lösungen gleichzeitig ein, wurden sie in der Reihenfolge des Hinlegens eingeordnet. Die Zeitgrenze wurde erst nachträglich genau festgelegt. Der Versuch aber erst abgebrochen, wenn mindestens die Hälfte der Klasse die Aufgabe gelöst hatte. Die genaue Festlegung der

Zeitgrenze erfolgte dann so, dass etwa 50% der Versuchspersonen die Aufgabe innerhalb dieser Zeit lösen konnten. Statistische Angaben zu den 6 Tests der Spannungsüberwindung n= 120

Test	Form	Zeitgrenze	gelöst		Punkte			Stabilität	
			n	%	0	1	2	halb	ganz
Dreiecktest	1a	4Min.	61	51	27	54	29	.15	.26
	1b	8Min.	71	59					
Krugtest	2 a	5 Min.	64	53	41	33	46	.65	.79
	2b	4Min.	61	51					
Umgruppierung	3 a	3'20"	66	55	30	50	40	.25	.40
	3 b	8 Min.	64	53					
Fluss-Boot	4 a	6 Min.	58	48	33	48	39	.32	.49
	4 b	4 Min.	68	57					
Wertheimer	5 a	4 Min.	69	58	27	51	42	.22	.36
	5 b	7 Min.	66	55					
Alphatest	6 a	5 Min.	67	56	35	42	43	.46	.63
	6 b	8 Min.	61	51					

Diese Tabelle ist wie folgt zu lesen: Im Dreiecktest, Form 1 a haben innerhalb 4 Minuten 61, also 51% der Vp die Lösung gefunden. Keine Aufgabe lösten 27, eine (a oder b) 54 und beide (a und b) 29. Die Korrelation zwischen beiden Formen beträgt .15, die Stabilität des ganzen Tests nach der Formel von Brown-Spearman .26.

Bemerkungen zur teilweise niedrigen Stabilität finden sich bei der Besprechung der Faktorenanalyse.

B. Referenztests

1. Gottschaldtttest

Dieser Test (nach Thurstone 1949, S.73) wurde ausgewählt, weil seine Sättigung im Faktor der Plastizität einigermaßen kennzeichnend ist (Meili .87, Schädeli .35). Er weist auch hohe Sättigungen in Thurstones Faktor E (flexibility of closure) auf.

Das Aufgabenblatt - genau nach Thurstone, Form a - enthält 27 Figurenpaare, wobei jedes Mal die linke Figur in der rechten enthalten ist.

Die Versuchsperson muss die linke Figur in der rechten mit einem Rotstift herausheben.
Für die genaue Durchführung verweisen wir auf Thurstone (1949).

1. Sätze AIT (Bilden möglichst vieler Sätze aus drei gegebenen Wörtern).

Dieser Test wurde als zweiter Referenztest für den Faktor der Plastizität einbezogen. Nach Meili beträgt seine Sättigung in diesem Faktor bei Schülern (9-11 Jahre) .47, allerdings für den Faktor der Flüssigkeit etwa gleichviel (.49). Bei S c h ä d e i i

ist er eindeutiger gesättigt (Plastizität .65, Flüssigkeit .23).

Für die genaue Durchführung verweisen wir auf Meili (1955, Seite 365).

1. Cattell Wörter

Dieser Test nach Cattell (1936) gilt im allgemeinen als typisch für den in der Einleitung erwähnten Faktor der Flüssigkeit, welcher in Aufgaben vorkommen soll, in welchen möglichst viele Lösungen angegeben werden müssen. Auch nach Meili ist dies ein Test der Flüssigkeit (Sättigungen Flüssigkeit .41, Plastizität .26 bei 1-13 Jahre alten Vp).

Bei Schädeli ist dieser Test eher eine Plastizitätsaufgabe (Sättigungen: Plastizität .52, Flüssigkeit .30; Alter der Vp 16 Jahre).

Der Test wurde wie folgt durchgeführt:

Form a

Die Vp erhält einen Zettel. Der Versuchsleiter sagt: „Schreibt möglichst viele Gegenstände auf, die blau sind oder blau sein können.“

Form b

„Schreibt möglichst viele Gegenstände auf, die eckig sind oder eckig sein können.“

Der Zusatz „..... sein können“ hat den Zweck, die Situation so zu gestalten, dass die Qualität der Antworten keine große Rolle spielt. Schreibt z.B. jemand auf: „Gesicht“ so zählt das als richtig, obschon ein Gesicht normalerweise nicht blau ist. Wie wir erwähnt haben, vermehrt nach Meili die Bewertung der Güte der Lösungen den Anteil der Plastizität. Das wollten wir durch den Zusatz vermeiden.

Statistische Angaben zu den Referenztests

Test	Zeit	Kriterium	Mittel	Standardabweichung
Gottschaldt	2 Min.	Zahl der gelösten Aufgaben (Max. 27)	13.73	4.86
Sätze AIT	4 mal 2 Min.	Zahl der Punkte (Bewertung nach Meili, pro Satz bis 3 Punkte)	20.57	5.28
Cattell Wörter	2 mal 2 Min.	Zahl der Wörter	31.75	8.71

3. Resultate der Faktorenanalyse

Mit 120 Versuchspersonen im Alter von 12-15 Jahren ergaben sich zwischen den beschriebenen Tests folgende Korrelationen:

		1	2	3	4	5	6	G	S	C
1.	Dreieck		.38	.27	.19	.21	.28	.40	.69	.57
2.	Krugtest	.38		.38	.31	.36	.37	.36	.58	.14
3.	Umgruppierung	.27	.38		.22	.34	.23	.43	.45	.41
4.	Fluss - Boot	.19	.31	.22		.28	.39	.40	.52	.33
5.	Wertheimer	.21	.36	.34	.28		.35	.18	.17	-.17
6.	Alphatest	.28	.37	.23	.39	.35		.34	.45	.02
7.	Gottschaldt	.40	.36	.43	.40	.38	.34		.32	.18
5.	Sätze ALT	.69	.58	.45	.52	.17	.45	.32		.40
C.	Cattell Wörter	.57	.14	.41	.33	-.17	.02	.18	.40	

Die Korrelationen zwischen den Tests 1 bis 6 sind C-Koeffizienten aus 9-Felder-Tafeln, weil die Resultate ,dieser Tests nur 3 Grade aufweisen (0, 1 oder 2 Punkte). Entsprechend sind die Korrelationen dieser Tests mit G, S und C durch den Koeffizienten rpb und G, S und C untereinander durch r ausgedrückt.

Die graphische Rotation erfolgte so, dass eine der Achsen durch die Sättigungskordinate des Alphatests gelegt wurde, weil dieser als der theoretisch reinste Test des Faktors der Spannungsüberwindung angeschaut wird. Die andere Achse wurde orthogonal so gelegt, dass möglichst viele Sättigungen positiv waren.

Unrotierte Faktorenmatrix

	Test	Faktor A	Faktor B	Faktor C
1.	Dreieck	.68	.38	-.19
2.	Krugtest	.65	-.13	-.18
3.	Umgruppierung	.60	.08	.30
4.	Fluss -Boot	.59	-.20	.15
5.	Wertheimer	.48	-.48	.07
6.	Alphatest	.54	-.32	-.19
7	Gottschaldt	.61	-.19	.22
S	Sätze AIT	.80	.21	-.31
C	Cattell Wörter	.46	.62	.30

Rotierte Faktorenmatrix (Siehe Anmerkungen)

	Test	Faktor A	Faktor B	Faktor C	h^2
1.	Dreieck	.43	.67	-.07	.64
2.	Krugtest	.65	.22	.01	.47
3.	Umgruppierung	.38	.38	.42	.46
4.	Fluss - Boot	.58	.13	.32	.40
5.	Wertheimer	.57	-.19	.25	.42
6.	Alphatest	.66	.00	.00	.43
G	Gottschaldt	.53	.15	.39	.46
5	Sätze AIT	.64	.59	-.18	.78
C	Cattell Wörter	-.01	.77	.31	.69

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Resultate der Faktorenanalyse mit Vorsicht aufzunehmen sind, weil einerseits die Stabilität einzelner Tests der Gruppe 1 bis 6 gering ist (siehe Tabelle bei der Testbeschreibung) und andererseits infolge der Umstände verschiedene Methoden der Korrelationsrechnung verwendet werden mussten.

Der Faktor A

Die 6 Tests der Spannungsüberwindung zeigen folgende Sättigungen:

	Alphatest	(6)	.66	(Stabilität .68)
	Krugtest	(2)	.65	(.79)
	Wertheimer	(5)	.57	(.36)
	Fluss - Boot	(4)	.53	(.49)
	Dreieck	(1)	.48	(.26)
	Umgruppierung		.88	(.40)

Alle diese Sättigungen sind bedeutsam, sodass wir annehmen können, dass der für den Alphatest typische Faktor der Spannungsüberwindung in allen Tests derselbe ist. In Klammer ist für jeden Test die Stabilität angegeben. Dabei ist es auffällig, dass weniger stabile Tests eher kleinere Sättigungen im Faktor A haben. Das kann bedeuten, dass die Konstruktion der Parallelaufgaben nicht glücklich war, sodass diese Tests in etwas anderer Form höhere Sättigungen aufweisen könnten. Für uns ist es aber schon so eine genügende Evidenz, dass ein Faktor der Spannungsüberwindung existiert.

Die andere Hypothese, die wir zu Beginn dieses Kapitels aufgestellt hatten, nahm die Identität des Faktors der Spannungsüberwindung mit dem Meilischen Faktor der Plastizität an. Wir können sie in den Referenztests überprüfen.

Test	Sättigung im Faktor A	.Sättigung Plastizität nach Meili	Sättigung Plastizität nach Schädeli
Sätze AIT	.64	.47	.65
Gottschaldt	.55	.87	.35

Es scheint uns, dass die Übereinstimmung der Sättigung groß genug ist, um die Annahme zu gerechtfertigen, dass der gefundene Faktor A - der Faktor der Spannungsüberwindung - weitgehend mit Meili Faktor der Plastizität identisch ist, so dass wir Plastizität so definieren können, wie wir es im theoretischen Teil vorschlugen: Plastizität ist ein Faktor, welcher die Leichtigkeit der Spannungsüberwindung bedingt.

Zu erwähnen ist noch, dass unser negativer Referenztest (Cattell Wörter) keine Sättigung im Faktor A zeigt (.01), was vielleicht auf unseren besprochenen Zusatz zurückzuführen ist. Dieses Resultat passt gut in den Rahmen unserer Theorie: Alle andern Tests - inklusive der Referenztests - gehen von einer genau bestimmten Aufgabenstruktur aus, welche umgeformt werden muss. Beim Cattell Wörter ist dies nicht der Fall.

Damit sind die Hypothesen dieses Kapitels überprüft und bestätigt worden. Es verbleibt uns noch die Besprechung der andern gefundenen Faktoren.

Der Faktor B

Sättigungen			(Sättigung im Faktor Flüssigkeit nach Meili und Schädeli)
Cattell Wörter	(3)	.77	(.41 / .30)
Dreiecktest		.67	
Sätze ALT	(4)	.59	(.75 / .23)

Umgruppierung	(2)	.38	
Krugtest	(5)	.22	
Gottschaldt		.15	(--n.a. / .29)
Boot-Fluss	(6)	.13	
Alpha	(1)	.00	
Wertheimer		--.19	

Von den 6 Tests der Spannungsüberwindung zeigen nur 2 (Dreieck-Test und Umgruppierung) eigene bedeutsame Sättigung. Dies lässt die Annahme zu, dass es wahrscheinlich genügt, einen Faktor der Spannungsüberwindung anzunehmen. Das entspricht unserer diesbezüglichen Hypothese. - Der Test „Cattell Wörter“ steht in diesem Faktor an der Spitze. Wir haben schon darauf hingewiesen, dass er sich von allen andern Tests der Batterie darin unterscheidet, dass nicht von einer bestimmten Aufgabenstruktur ausgegangen werden muss. Am ähnlichsten ist ihm in dieser Beziehung der Test Sätze AIT. In diesem sind drei Wörter gegeben, aus welchen möglichst viele verschiedene Sätze gebildet werden müssen. In jedem Satz können diese Wörter in einer andern Beziehung zu einander stehen, also eine andere Struktur bilden. Die Reihenfolge der 3 Wörter kann die erste Struktur bestimmen (Gewisse Sätze kommen häufig als erste). Diese erste Struktur ist aber nicht genau bestimmt, wie in den andern Tests, wo eine Skizze jeweils die Aufgabe hergleitet. Es liegt die Annahme nahe, dass der Faktor B dann eine Rolle spielt, wenn in einer Aufgabe nicht von einer bestimmten - für alle Versuchspersonen gleichen - Struktur ausgegangen werden muss.

Die hohe Sättigung des Dreiecktests, bei welchem doch auch eine Skizze die Aufgabensituation veranschaulicht, scheint dieser Annahme zu widersprechen. Bei der Durchführung der Form b dieses Tests ist uns aber ein Fehler unterlaufen, indem

auf der Skizze einer der Pfeile vergessen wurde, wodurch die Aufgabenstruktur nicht mehr hinreichend bestimmt war und mehrere der Lösungsvarianten als richtig gerechnet werden mussten. Für die Sättigung des Tests Umgruppierung haben wir keine Erklärung gefunden. Für eine Bestätigung unserer Annahme liegen zu wenig Beweise vor, man könnte sie in einer späteren Untersuchung weiter überprüfen.

Die in der Tabelle in Klammer angeführten Sättigungen im Faktor Flüssigkeit zeigen, dass dieser Faktor B möglicherweise mit der Flüssigkeit identisch ist, besonders weil die zwei Referenztests mit hoher Sättigung (Cattell Wörter und Sätze AIT) solche sind, in denen möglichst viele Lösungen verlangt werden. Flüssigkeit - entsprechend der Definition Cattells - ist je ein Faktor, der in Aufgaben vorkommt, in denen möglichst viele Lösungen gegeben werden müssen. Nehmen wir seine Identität mit dem Faktor B an, so gelangen wir zur Hypothese, dass Flüssigkeit ein Faktor ist, der in Aufgaben eine Rolle spielt in welchen die Anfangsstruktur nicht eindeutig festgelegt ist. Solche Aufgaben lassen normalerweise mehrere Lösungen zu und können möglichst viele Lösungen verlangen. Umgekehrt gesagt: Wenn wir einen Test konstruieren, bei welchem mehrere Lösungen gegeben werden müssen, so dürfen wir seine Ausgangsstruktur nicht eindeutig festlegen. Hierin zeigt sich die innere Verwandtschaft unserer hypothetischen Definition der Flüssigkeit mit derjenigen von Cattell. Wir können nicht behaupten, dass unsere Definition besser sei, aber wir hoffen, dass sie vielleicht Anregung zu neuen Untersuchungen über den Faktor der Flüssigkeit geben kann.

Der Faktor C

Ursprünglich bloß als Restfaktor gedacht, erschien uns nach einiger Überlegung auch dieser Faktor interpretierbar. Dies wird klar, wenn man die Sättigungen der Tests im Faktor C mit der Zahl der Elemente der betreffenden Tests vergleicht

Zahl der Elemente Art der

1. Sättigung in C(Durchschnitt aus Elemente allen Aufgaben)

Umgruppierung	.42	10	Figuren
Gottschaldt	.39	10.5	Linien
Boot - Fluss	.32	8.5	Personen,
Cattell Wörter	.31	nicht bestimmbar	Objekte
Wertheimer	.25	9	Zahlen
Krugtest	.01	4	Messzahlen
Alphatest	.00	5.5	Zahlen
Dreieckstest	-.07	3.5	Punkte
Sätze AIT	-.13	3	Wörter

Es zeigt sich folgende Tendenz:

Tests mit hoher Sättigung im Faktor *C* sind aus mehr Elementen zusammengesetzt, als solche mit niedriger oder negativer Sättigung. Wir können *C* als einen Faktor definieren, der in komplizierten Aufgaben eine Rolle spielt. Dies ist wiederum mehr eine Hypothese als ein Schluss; ob der Faktor *C* mit dem von Meili, Weber (1958) und Schädeli (1961) gefundenen Faktor der Komplexität übereinstimmt, wagen wir nicht zu entscheiden. Die Sättigung der verwendeten Referenztests ist nach den genannten Autoren in Komplexität unbedeutend (ausgenommen nach Schädeli: Gottschaldtttest .40).

Zusammenfassung

In der Absicht, Meilis Intelligenzfaktor der Plastizität - einen Faktor, welcher die Leichtigkeit der Umstrukturierung von Problemgegebenheiten bedingt - genauer zu untersuchen, wird die Gestalt-Theorie der Denkprozesse durch eine Analyse des Umstrukturierungsvorganges in Aufgaben vom Typus des Umwegs und dem der funktionalen Gebundenheit differenziert. Entsprechend der Feldtheorie von Lewin wird eine Aufgaben-Situation als ein Spannungsfeld im Augenblick der Umstrukturierung betrachtet, welches sich aus strukturellen und persönlichen Komponenten zusammensetzt. Sein das Verhalten der Person bestimmender Vektor wird als dem Lösungsweg entgegengesetzt angenommen. Dies ermöglicht die Definition der Schwierigkeit einer Umstrukturierungsaufgabe durch den Begriff der Spannungsüberwindung. Im Falle eines Denkproblems, welches dem einfachsten Umweg-Schema entspricht, erweisen sich in Übereinstimmung mit Überlegungen aus der Vektorenanalyse und der Theorie elektromagnetischer Felder 4 Variablen als psychologisch wirksam: Länge des Umwegs, direkte Distanz zum Ziel, Abweichungswinkel, Form der Aufgabenbegrenzung. Andere Denkaufgaben werden im bezug auf einige dieser Variablen systematisch verändert und die Änderung des Schwierigkeitsgrades erfolgreich vorausgesagt. Im Falle eines Umwegproblems, in welchem die Schwierigkeit zum Teil in der funktionalen Gebundenheit eines zu verwendenden Gegenstandes an seine Normalfunktion liegt, wird der Begriff der

funktionalen Gebundenheit quantitativ definiert (Umgekehrte Funktion der durchschnittlich außer der Normalfunktion angegebenen Verwendungsmöglichkeiten. Die Schwierigkeit dieser Denkaufgabe nimmt in zwei Versuchen mit der funktionalen Gebundenheit des zu verwendenden Gegenstandes zu.

6 Tests zu je 2 Parallelaufgaben, besonders für den hypothetischen Faktor der Spannungsüberwindung ausgewählt und konstruiert, werden

zusammen mit .3 Referenztests einer Faktorenanalyse unterzogen. Diese scheint die Existenz eines einzigen Faktors der Spannungsüberwindung zu bestätigen und legt seine Identität mit Meilis Faktor der Plastizität nahe. Der Schluss wird gezogen, dass dieser Faktor der Plastizität die Spannungsüberwindung erleichtert, welche zur Umstrukturierung einer Problemsituation notwendig ist.

Summary

In order to investigate Meilis factor of plasticity - a factor facilitating the restructuring of problem situations - the Gestalt theory of problem solving is differentiated by an analysis of the restructuring process in problems of the detour and functional fixity type.

According to Lewins field theory, a problem situation can be considered as a tension field at the moment of restructuring, composed of structural and personal tension systems. Its vector determining the behavior of the subject is assumed to be opposed to the solution process. This assumption allows to define the difficulty of a restructuring problem by the construct of tension neutralization.

In the case of a problem corresponding to the simplest schema of a detour 4 variables are found to be effective: Length of detour, direct distance to goal, angle of deviation form of problem boundary. This corresponds to vector theory and to the theory of electromagnetic fields.

other problems are varied according to these variables and the change in difficulty is successfully predicted.

In the case of a detour problem, in which the difficulty lies partly in the functional fixity to its normal function of the

object to be used, the term functional fixity is quantitatively defined by the average number of other than normal functions mentioned by a group of subjects. The difficulty of the problem increases with the defined functional fixity of the object to be used.

6 Tests, consisting of two sub-tests each, specially selected and constructed for a hypothetical factor of tension neutralization were submitted to factor analysis together with three tests of reference. The results seem to confirm the existence of a single factor of tension neutralization and suggest its identity with Meilis factor of plasticity. The conclusion is drawn that this factor of plasticity facilitates the neutralization of tension necessary for restructuring of problem situations.

References

- Birch, H. G. and Rabinowitz, H. S. : The negative effect of previous experience on productive thinking.
J. exp. Psy. 1951, 41, 121.
- Botzum, W. A.: A factorial study of the reasoning and closure factors.
Am. Psychologist 1947, 2, 304.
- Cattell, R. B.: A guide to mental testing.
University of London press 1936.
- Cattell, R. B. and Tiner, L. G.: The varieties of structural rigidity.
J. of Personality 1949, 17, 321.
- Cowen, E. L., Wiener, M. and Hess, J.: Generalization of problem solving rigidity.
J. consultant Psy., 1953, 17, 100.

Duncker, K.: Zur Psychologie des produktiven Denkens.
Berlin 1985.

Fisher S.: Patterns of personality rigidity and some of their determinants.
Psy. Monographs 1950, 64, Nr.307.

Guetzkow, H.: An analysis of operation of Set in problem-solving behavior.
J. abn. soc. Psy. 1955, 51, 114.

Guilford, J. P. et al.: A factor-analytic study of creative thinking.
Reports from the psy. lab. Los Angeles, Nr.4, 1951, Nr.8, 1952.

Guilford, J. P. et al.; A factor-analytic study of flexibility of thinking.
Reports from the psy. lab. Los Angeles, Nr.18, 1957.

Hörmann, H.: Zum Problem der psychischen Starrheit.
Zeitsch. f. ang. u. exp. Psy. 1955/56 II, 662.

Koffka, K. Die Grundlagen der psychischen Entwicklung.
Berlin 1923.

Koffka, K.: Principles of Gestalt Psychology.
New York 1985.

Köhler, W.: Intelligenzprüfung an Menschenaffen.
Berlin 1921.

Lewin, K.: Dynamic theory of Personality.
New York 1935.
New York 1952.

Luchins, A. S.: Mechanization in problem solving. The effects of Einstellung.
Psy. Monographs. 1942, 54, Nr.6.

Maier, N. R. F.: Reasoning in humans 1

J. of Comp. Psy. 1930, 10, 115.

Meili, R.: Grundlegende Eigenschaften der Intelligenz.

Schweiz. Z. f. Psy. 1944, 2, 166/265.

Meili, R.: Lehrbuch der psychologischen Diagnostik.

Bern 1955.

Rees H. J. and Israel, H. G.: An investigation of the establishment and operation of mental sets.

Psy. Monographs 1935, 46, Nr.6.

Saugstad, P. and Raaheim, K.: Problem solving and availability of functions.

Acta Psychologica 1957, XII, 263.

Schädeli, R.: Untersuchungen zur Verifikation von Meilis Intelligenzfaktoren.

Z. f. exp. u. ang. Psy. 1961, VIII/2, 211.

Spearman, G.: *Tile abilities of man.*

New York 1932.

Thurstone, L. L.: *A factorial study of perception.*

Psychometric Monographs 1944, Nr.4.

B.: *Flexibility in Intellectual Performance.*

ETS Princeton 1958.

Weber, H.: *Untersuchungen über die Faktorenstruktur numerischer Aufgaben.*

Z. f. ang. u. exp. Psy. 1953, 1, 336.

Wertheimer, M.: *Produktives Denken.*

Frankfurt/New York 1957.

Woodworth, R. S. and Schlosberg, H.: *Experimental Psychology.*

New York 1956.

Zitieren dieses Artikels (nach APA):

Hunziker Hans W.,

Plastizität als Faktor der Spannungsüberwindung in Denkaufgaben.

Eine feldtheoretisch-faktorenanalytische Untersuchung
der Umstrukturierung von Problemsituationen.

Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 1964, Band XI, Heft 2

Electronically published by the author on February 7, 2002;

retrieved on "current date" from the World Wide Web at

<http://www.learning-systems.ch/multimedia/diss/Diss.htm>



[HUNZIKER MULTIMEDIA HOME](#)